



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROJECTE DE FI DE CARRERA

TÍTOL: Optimització de serveis portadors UMTS per transport de streaming

TITULACIÓ: Enginyeria de Telecomunicació (segon cicle)

AUTOR: Josep Lluís Artigas Rodríguez

DIRECTOR: Ramon Ferrús i Ferré

DATA: 24 de febrer de 2006

Títol: Optimització de serveis portadors UMTS per transport de streaming

Autor: Josep Lluís Artigas Rodríguez

Director: Ramon Ferrús i Ferré

Data: 24 de febrer de 2006

Resum

L'aparició de les tecnologies mòbils de tercera generació, caracteritzades per la seva alta velocitat, ha propiciat el desenvolupament del serveis audiovisuals i multimèdia encarats a aquest tipus de terminals. En particular per a UMTS existeixen definits un seguit de possibles serveis, entre els quals es troba el de visualització de continguts de vídeo en temps real, o vídeo-streaming.

L'estàndard MPEG-4 desenvolupat per ISO/MPEG defineix el flux de dades que es transmet de forma que es distingeix entre diversos tipus de paquets dintre d'aquest: paquets I, paquets P i d'altres, els quals presenten grans diferències tant funcionals com físiques.

Aquest treball es basa en l'estudi de les característiques del tràfic de vídeo-streaming sobre UMTS centrant-se en la proposta de diferenciar entre els paquets de tipus I i els de tipus P, de forma que la transmissió del flux és porti a terme en dos canals adaptats a les seves necessitats específiques, en comptes de en un de sol (transmissió indiscriminada de les dades).

Gràcies a aquest plantejament, a l'ajustar els paràmetres involucrats en la transmissió a les necessitats específiques de cada canal es pot obtenir una millora en l'optimització dels recursos sense que suposi un detriment de la qualitat mesurada al client final.

En primer lloc, s'ha caracteritzat el tràfic de vídeo-streaming experimentalment, per a diferents tipus de continguts i diferents taxes de vídeo, diferenciant el flux en dos canals als que s'han aplicant diversos valors de taxes de pèrdues, per tal d'observar l'efecte d'aquestes en la qualitat observada per l'usuari.

A continuació, s'ha procedit a adaptar aquests resultats a l'entorn UMTS, realitzant diverses comparatives entre el cas de tenir un canal o de tenir-ne dos, per tal d'observar quines són les millores introduïdes en el segon dels casos.

Title: Optimization of UMTS carrier services for the streaming transport

Author: Josep Lluís Artigas Rodríguez

Director: Ramon Ferrús i Ferré

Date: 24 de febrer de 2006

Overview

The advent of third generation mobile technologies, providing high velocity rates, is specially propitious to the rise of audiovisual and multimedia services for this type of receivers. For instance, for UMTS a set of possible services has been already defined. Among them, we can find the viewing of videos on real time, or video streaming.

The MPEG-4 standard developed by ISO/MPEG defines the data rate beeing transmitted, thus distinguishing between different types of packets: type I packets, type P packets and others. These classes present meaningful differences, functional as well as physical.

The aim of this work is to analyze the characteristics of video streaming on UMTS, specially focusing on the approach of differentiating between the type I and type P packets. Hence, the transmission is carried out in two different channels adapted to their specific needs, rather than a single one (indiscriminate data transmission).

Thanks to this approach, by adjusting the parameters involved in the transmission to the specific needs of each channel, an enhancement in the optimization of resources is reached without worsening the quality in the end user.

First of all, the video streaming traffic has been experimentally characterized and this for different types of contents and video rates, distinguishing the flows in two channels. Different rates of lost packets have been applied in order to evaluate their effect in the quality perceived by the user.

Then, these results have been adapted to the UMTS environment, by comparing the use of a single channel in front of two different channels, in order to estimate the enhancement provided by the last case.

ÍNDIX

INTRODUCCIÓ	1
CAPÍTOL 1. STREAMING DE VÍDEO SOBRE UMTS	3
1.1 Introducció	3
1.2 Aplicacions i Continguts del Streaming	4
1.2.1 Vídeo-Streaming vs. Videotelefonia	4
1.2.2 Continguts de Streaming	5
1.3 Conceptes tècnics sobre Streaming	5
1.3.1 Estàndards de compressió de vídeo	5
1.3.2 Protocols de streaming	7
1.3.3 Classificació de trames en el flux de vídeo	8
CAPÍTOL 2. PLANTEJAMENT I ESCENARI	10
2.1 Objectiu del treball experimental	10
2.2 Escenari de laboratori	10
2.2.1 Escenari global	10
2.2.2 Servidor	11
2.2.3 Client	12
2.2.4 Node Central	13
2.3 Validació del funcionament del sistema	15
2.4 Treball experimental	17
2.4.1 Codificació de continguts	17
2.4.2 Funcionament	18
2.4.3 Proves a realitzar	18
2.4.4 Evaluació de la qualitat (VQM)	19
CAPÍTOL 3. RESULTATS DE LA CARACTERITZACIÓ	20
3.1 Introducció	20
3.2 Comparació amb referència pròpia	21
3.2.1 Pèrdua de paquets tipus I	21
3.2.2 Pèrdues de paquets tipus P	24
3.2.3 Pèrdues combinades	26
3.3 Comparació amb referència comú	31
3.4 Anàlisi de les dades	32
3.4.1 Anàlisi d'influència dels paquets I i P en el cas de comparació amb referència pròpia	32
3.4.2 Anàlisi d'influència dels paquets I i P en el cas de comparació amb referència comú	34
3.4.3 Conclusions	34

CAPÍTOL 4. ADAPTACIÓ A UMTS.....	36
4.1. Introducció	36
4.2. Càlcul del nombre d'usuaris per a un factor de càrrega determinat	36
4.2.1. Càlcul de N sense diferenciació	37
4.2.2. Càlcul de N en el cas d'utilitzar dos canals	38
4.3. Estudi de la dependència dels paràmetres en la diferenciació de canals.....	38
4.3.1. Cas de continguts de moviment moderat	41
4.3.2. Cas de continguts de moviment mig	42
4.3.3. Cas de continguts d'alta quantitat de moviment.....	42
4.3.4. Comparació en tant per cent dels resultats	42
4.3.5. Dependència amb la diferència de taxes de canal.....	43
4.3.6. Observacions	44
4.4. Anàlisi per a valors de E_b/N_0 concrets.....	44
4.4.1. Dependència entre la probabilitat de pèrdua de paquet i el BLER	45
4.4.2. Càlcul del nombre d'usuaris per a un sol canal.....	46
4.4.3. Càlcul del nombre d'usuaris per a canals diferenciats.....	49
4.4.4. Observacions.....	50
CONCLUSIONS.....	53
BIBLIOGRAFIA	56
ANNEX I.....	59
I.1. Comparació amb referència pròpia.....	59
I.1.1. Pèrdues de paquets tipus P	59
I.1.2. Pèrdues combinades.....	60
I.2. Comparació amb referència comú	67
I.2.1. Pèrdua de paquets tipus I.....	67
I.2.2. Pèrdues de paquets tipus P	70
I.2.3. Pèrdues combinades.....	74
I.2.4. Anàlisi d'influència dels paquets I i P en el cas de comparació amb referència comú.....	85
ANNEX II.....	89
II.1. Estudi de la dependència dels paràmetres en la diferenciació de canals.....	89
II.1.1. Cas de continguts de moviment mig	89
II.1.2. Cas de continguts d'alta quantitat de moviment.....	90

INTRODUCCIÓ

Una de les línies de futur amb millors perspectives dintre de l'àmbit de les telecomunicacions és sens dubte l'estudi, millora i avanç en les comunicacions mòbils. En particular, l'oferta de tot tipus de continguts a través d'aquestes xarxes dona peu a l'estudi de mecanismes per tal d'oferir una millor qualitat i per poder dur a terme una millor gestió dels recursos.

L'aparició de tecnologies mòbils de tercera generació ha donat lloc a un ampli ventall de possibilitats en quant a serveis, degut a l'alt increment en la velocitat, sobretot en el camp de la multimèdia i dels serveis audiovisuals, com pot ser la vídeo-trucada.

Dintre d'aquest marc trobem les comunicacions mòbils UMTS, dissenyades per a suportar nombrosos d'aquests novedosos serveis, entre ells la visualització de vídeo en temps real o *streaming* de vídeo, basat en diversos protocols de transport i monitorització (des de UDP, passant per RTP/RTCP o RTSP).

De vital importància és el tema de la codificació dels vídeos font a transmetre, regulada per diferents estàndards de ITU-T o ISO/MPEG. En particular, l'estàndard MPEG-4 defineix el flux de dades que es transmet de forma que es distingeix entre diversos tipus de paquets o imatges: imatges I, imatges P i d'altres, entre elles les imatges B. Aquestes tenen característiques diverses, tan funcionals (finalitat que tenen dintre del flux) com físiques (nombre o tamany).

L'objectiu d'aquest treball és desenvolupar un estudi per tal d'observar si un tractament diferenciat d'aquests tipus de paquets, realitzant una transmissió en canals diferenciats segons el tipus de trama amb uns paràmetres ajustats a les seves necessitats específiques, pot desembocar en una optimització dels recursos sense que aquesta vagi en detriment de la qualitat de vídeo que observa l'usuari final.

Per tal d'assolir aquest objectiu s'ha treballat amb un filtre programat en llenguatge C que donat un flux de vídeo a l'entrada és capaç de classificar els paquets segons siguin I, P o d'altres, i d'assignar diferents condicions de canal per a cada tipus. Amb ell s'han realitzat un seguit de proves per tal de caracteritzar el tràfic que conforma un servei de streaming de vídeo, en funció de múltiples particularitats, ja siguin pròpies del vídeo (tipus de contingut, taxa font) o del canal (percentatge de pèrdues de paquets I, percentatge de pèrdues de paquets P).

Gràcies als resultats obtinguts, s'han pogut extreure conclusions en quant a la dependència que existeix entre la qualitat final del vídeo i el tractament dels paquets I i P del flux de streaming.

Amb aquests resultats, s'ha realitzat una adaptació particular a UMTS per tal d'observar les diferències en quant a utilitzar un sol canal per transmetre tots

els paquets sense realitzar cap diferenciació o bé utilitzar dos canals (un per trames I i un altre per trames P) amb les necessitats ajustades als valors observats a l'estudi experimental, i si aquesta diferenciació comporta una millora en el nombre d'usuaris que una cel·la és capaç de suportar oferint la mateixa qualitat als usuaris finals.

El treball es troba dividit en quatre capítols. El primer capítol s'inicia entorn a les definicions fonamentals de UMTS i prossegueix detallant les característiques del vídeo streaming sobre xarxes mòbils, com són els tipus de continguts, els protocols que utilitza, els còdecs dels estàndards i la composició del flux de dades d'aquest servei.

En el segon capítol s'aborda el procediment de la part experimental: el muntatge de laboratori, les diferents eines emprades, el funcionament del filtre programat en C, la forma de processar els resultats i les diferents proves dissenyades per tal d'avaluar el tràfic de streaming.

El tercer capítol es troba format pels resultats obtinguts a la part experimental en forma gràfica, i l'estudi d'aquests gràcies a diferents variables, hipòtesis i perspectives.

El quart i últim capítol desenvolupa l'adaptació del servei de streaming a UMTS utilitzant formulació matemàtica, des de dues perspectives. En primer lloc s'analitza la dependència existent entre el nombre d'usuaris i els paràmetres derivats de diferenciar en dos canals, per després prosseguir amb l'evaluació concreta amb valors experimentals del cas en el que existeix un sol canal versus el cas en que n'hi ha dos.

Finalment es recullen les principals conclusions extretes a la part final del document, així com les consideracions medioambientals i les línies de futur.

CAPÍTOL 1. STREAMING DE VÍDEO SOBRE UMTS

1.1 Introducció

UMTS¹ és l'estàndard de telefonia mòbil cel·lular de banda ampla i alta velocitat desenvolupat per l'ETSI² (veure [1]). Es tracta d'un sistema de tercera generació que permet la connexió a Internet, i per tant la navegació i d'altres serveis com la transferència de vídeo, imatges i so.

Es basa en la tecnologia WCDMA³, tecnologia que consisteix en l'expansió del senyal en freqüència gràcies a un codi que tan sols és conegut per emissor i receptor. Entre els avantatges que ofereix aquesta modulació, destacar les altes velocitats (fins a 2 Mbps) que s'assoleixen a l'utilitzar tot l'espectre.

L'arquitectura de UMTS consta bàsicament de tres parts:

- El **Core Network** (CN, xarxa troncal): nucli central de xarxa universal que gestiona l'accés ràdio i pot connectar-se a diferents tipus de xarxes.
- La **UTRAN**⁴ (xarxa d'accés al medi), que proporciona la connexió entre el Core Network i els terminals.
- L'equip terminal (**UE**), capaç de reproduir vídeo en MPEG-4, àudio en mp3 i polivalent amb d'altres tecnologies com GPRS⁵ i GSM⁶.

L'estàndard UMTS defineix quatre tipus de serveis: *Conversacional*, *Streaming*, *Interactiu* i *Background*.

Taula 1.1 Característiques bàsiques dels 4 tipus de serveis.

Classe de servei	Requeriment de banda	Retard màxim	Tecnologies de xarxa
Conversacional	4,25 – 384 Kbps	< 200 – 400 ms	GSM / UMTS
Streaming	32 – 384 Kbps	< 10 s	GPRS / UMTS
Interactiu	4,25 – 384 Kbps	< 1 s	GSM / GPRS / UMTS
Background	Fins a 384 Kbps	> 10s	GSM /GPRS / UMTS

1 Universal Mobile Telecommunications System

2 European Telecommunications Standard Institute

3 Wide Code Division Multiple Access

4 UMTS Terrestrial Radio Access Network

5 General Packet Radio Service

6 Global System for Mobile Communications

Aquestes classes de tràfic difereixen principalment en la sensibilitat al retard que poden tolerar per garantir una determinada QoS⁷ (qualitat de servei). Els serveis **Conversacional** i **Streaming** són aptes pel transport de fluxes de tràfic en temps real (serveis com per exemple les videoconferències) i exigeixen un retard i un jitter bastant acotats. En canvi els serveis **Interactiu** i **Background** són utilitzats principalment per aplicacions d'Internet, FTP, e-mail ...

1.2 Aplicacions i Continguts del Streaming

El fet de disposar d'amplada de banda suficient farà possible el desenvolupament d'un ampli ventall de serveis per a ser utilitzats directament desde el terminal mòbil del client, a més a més de la vídeo-comunicació, serveis de missatgeria i navegació habituals.

Les aplicacions principals basades en transmissió de vídeo són les següents:

- *Aplicacions de vídeo-conferència*, gràcies a la utilització de vídeo telèfons equipats amb microcàmares. A més a més de les trucades d'àudio i vídeo, podria ser factible la grabació àudio-vídeo d'una reunió i transmetre-la a la resta d'empleats, o fins i tot per a la formació a distància o el teletreball.
- *Aplicacions Video-Streaming*: Aquest servei queda caracteritzat pel tipus de material transmés.
- *D'altres*: com vídeo catàlegs de vendes On-Line o aplicacions de telemedicina (per exemple la transmissió de radiografies o fotografies de víctimes d'accident directament des del lloc de l'accident).

El present projecte tracta en particular de les aplicacions de vídeo-streaming sobre UMTS.

1.2.1 Vídeo-Streaming vs. Videotelefonia

De forma conceptual, la videotelefonia i el vídeo-streaming parteixen del mateix principi: l'enviament de continguts multimèdia (típicament àudio i vídeo, tot i que no exclusivament) a un receptor multimèdia que els va mostrant simultàniament a la seva arribada.

Tot i així els requisits d'ambdós serveis difereixen, entre d'altres, en els següents punts:

- La *videotelefonia* és **bidireccional**, és un servei P2P, i el servei vídeo-streaming és un servei **unidireccional** client-servidor.
- La *videotelefonia* requereix una demora sobre el **temps real** molt petita (típicament de 100 a 200 ms). Això requereix codificar, enviar, rebre, decodificar i presentar els continguts en menys d'aquest temps. En canvi, el *video-streaming* no és estrictament un servei en temps real, ja

que els **continguts són pregrabats** al servidor i habitualment es fa servir algun mecanisme de buffer al client.

1.2.2 Continguts de Streaming

La caracterització de continguts en el cas d'aplicacions de vídeo-streaming, podria venir donada per la següent classificació:

- **Streaming de vídeo sota demanda:** Requereix que la xarxa sigui capaç de mantenir una amplada de banda mínima. S'han pogut perfilar un gran nombre d'aplicacions, com per exemple:
 - El videoclub virtual, basat en vídeo sota demanda
 - El lloguer de música, vídeos, ...
 - Jocs interactius
 - Notícies financeres
- **Streaming de video-vigilància:** Permet a un usuari visualitzar en temps real les imatges obtingudes per una càmera web instal·lada en un lloc determinat.

Les característiques de la font del vídeo-streaming són doncs diverses, en funció del contingut que es transmetrà. Es pot realitzar la següent subclassificació basada en la quantitat d'informació associada als continguts anteriors:

- **Vídeo d'alta quantitat de moviment :** pel·lícules, video clips, jocs interactius ...
- **Vídeo de quantitat de moviment mitjana :** notícies financeres
- **Vídeo de quantitat de moviment moderada :** vigilància per webcam

1.3 Conceptes tècnics sobre Streaming

1.3.1 Estàndards de compressió de vídeo

ITU-T⁸ [2] i ISO/MPEG⁹ s'han encarregat d'estandaritzar els sistemes de codificació i decodificació.

Referent a ITU-T les principals normes són:

- **Estàndard H.261:** es va dissenyar per al seu ús en aplicacions de videoconferència i videotelefonía sobre canals RDSI¹⁰.

⁸ International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector

⁹ International Organization for Standardization / Movie Picture Expert Group

¹⁰ Red Digital de Servicios Integrados

- **Estàndard H.263:** Fou dissenyat per aplicacions de videoconferència sobre comunicacions amb baixa taxa de bits (seqüències amb poc moviment), tot i que s'utilitza per a un rang de taxes majors a les teòriques. Aquest estàndard és la base de la codificació MPEG-4. Més endavant van sorgir d'altres estàndards (H.263+ i H.263++) que milloraren l'inicial.

Respecte a ISO/MPEG, s'han definit les següents implementacions [3]:

- **Estàndard MPEG-1** (formalment ISO/IEC-11172-2): Defineix un esquema de codificació amb compensació de moviment similar a la codificació estàndard H.261, però incompatible amb aquesta. Ofereix qualitat VHS amb una amplada de banda de 1-1,5 Mbps, a una resolució de 352x288 i 30 fps (frames per segon).
- **Estàndard MPEG-2** (ISO/IEC-13818): Desenvolupat conjuntament amb ITU-T, amb les aplicacions de TV digital com a principal objectiu. L'esquema de codificació era molt similar al de MPEG-1, amb el propòsit de millorar la qualitat d'imatge respecte a la d'aquest sense incrementar excessivament la taxa de bits (de 4 a 15 Mbps).
- **Estàndard MPEG-4** (ISO/IEC-14496): Aquest prèn moltes de les característiques de MPEG-1 i MPEG-2. La component de vídeo MPEG-4 és similar a H.263, però significativament més avançada, ja que la qualitat d'imatge ha estat millorada i optimitzada per a la distribució de vídeo a les taxes de dades que permet Internet. Es caracteritza per definir el contingut a enviar com un framework d'objectes i descripció d'escenes, mentre que a MPEG-1 i MPEG-2 sols es definien capes d'àudio i vídeo.

El projecte 3GPP¹¹ [4] ha publicat una especificació que defineix un marc pel streaming en xarxes mòbils 3GPP. La figura 1.1 mostra els códecs especificats pel 3GPP.

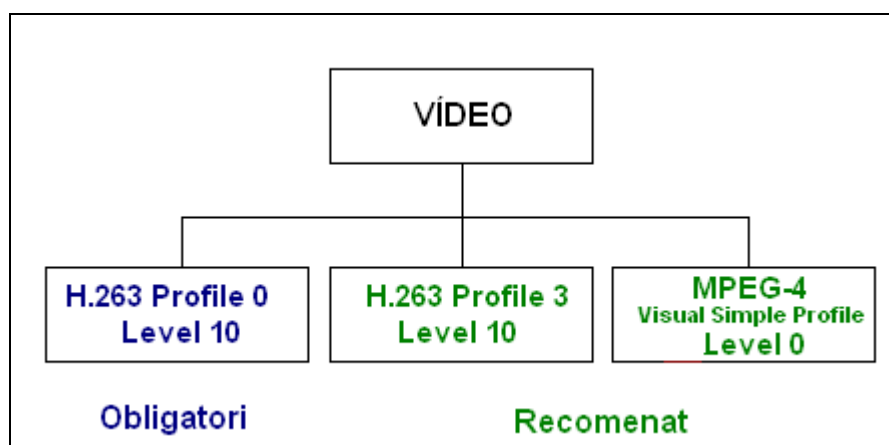


Fig. 1.1 Códecs de vídeo especificats pel 3GPP

1.3.2 Protocols de streaming

3GPP també defineix els protocols que han de fer-se servir en el servei de streaming. Donat que la major part dels protocols que es fan servir no es van dissenyar específicament per a les xarxes 3G, s'inclouen algunes peculiaritats als estàndards (per exemple: determinats camps, missatges ...).

La figura 1.2 mostra la pila de protocols de l'especificació del 3GPP

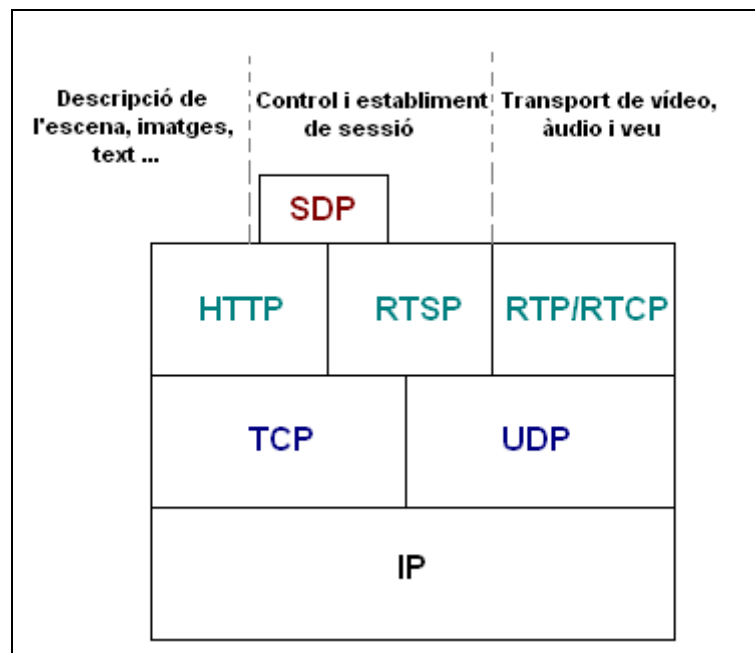


Fig. 1.2 Pila de protocols de l'especificació del 3GPP

Els protocols són els següents:

- **Protocol SDP¹²**: Es fa servir en conjunció amb RTSP i s'encarrega de donar informació sobre la sessió: nombre de fluxes, tipus de contingut, duració, amplada de banda ...
- **Protocol RTSP¹³**: Aquest està basat en HTTP i es fa servir per a l'establiment i control de la sessió (exemple: PLAY, PAUSE ...). Recalcar que aquest protocol no és l'encarregat de transportar els continguts.
- **Protocol RTP¹⁴ i RTCP¹⁵**: Són els encarregats de transportar els continguts en temps real (vídeo, àudio i veu). RTP proporciona el suport per al transport d'aquest tipus de dades, i inclou funcionalitats com l'estampació temporal, la detecció de pèrdues, la seguretat i la identificació de continguts. Envia el vídeo als usuaris, independentment del tipus de client o format de codificació.

¹² Session Description Protocol

¹³ Real-Time Streaming Protocol

¹⁴ Real-Time Transport Protocol

¹⁵ Real-Time Transport Control Protocol

D'altra banda el protocol RTCP monitoritza la qualitat del servei (jitter, pèrdues ...) de la transmissió dels continguts de cada sessió individual entre client i servidor. En el cas concret d'aquesta especificació tant RTP com RTCP treballen sobre el protocol UDP.

- **Protocol HTTP**¹⁶: S'utilitza per al transport de dades que no requereixen temps real, com és el cas de les imatges, text ...

La figura 1.3 mostra el funcionament dels diversos protocols en quant a transport de vídeo.

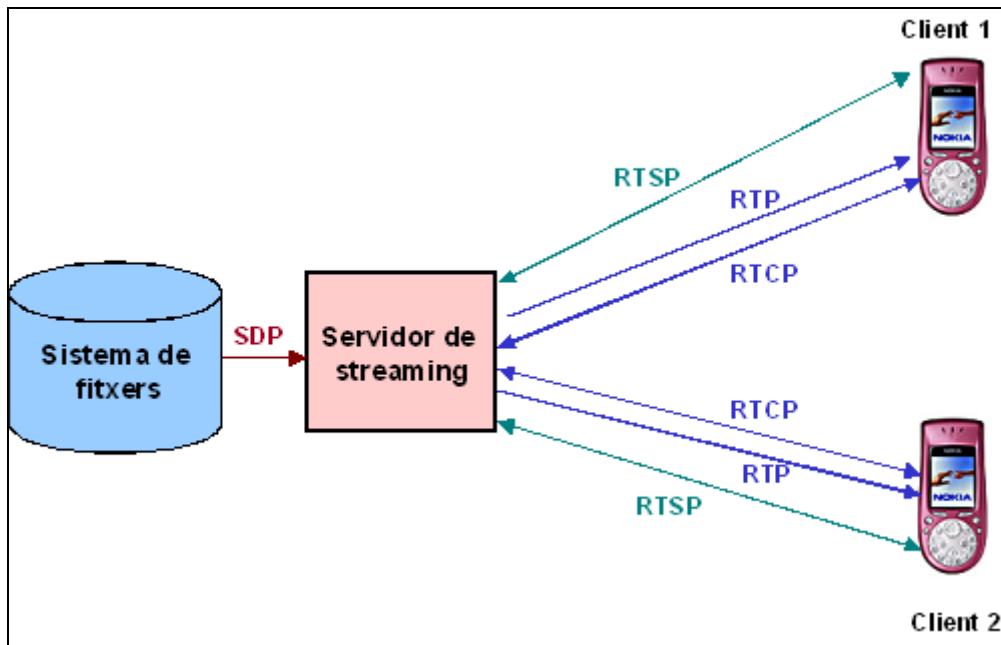


Fig. 1.3 Funcionament dels protocols implicats en el transport de vídeo

1.3.3 Classificació de trames en el flux de vídeo

Els estàndards de vídeo permeten la diferenciació de tres tipus de trames en el flux de vídeo:

- **Imatges Intra o Imatges I**: Aquestes són codificades fent servir únicament informació present a la pròpia imatge.
- **Imatges P (Predicted)**: Són codificades respecte a la imatge I o P prèvia més propera
- **Imatges B (Bidireccionals)**: Aquestes fan servir tant imatges anteriors com posteriors com a referència (predicció bidireccional). Són les que presenten una major compressió ja que utilitzen més referències, però el temps computacional que requereixen és major.

Així, el flux està format per diferents tipus de trames. Les trames P i B són molt més nombroses que les I, però de menor longitud mitjana en bytes; igualment la informació que presenten és diferent en quantitat i importància.

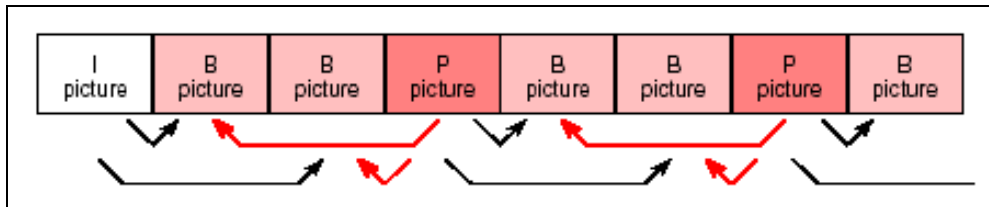


Fig. 1.4 Imatges I, P i B en un flux de vídeo

Donades les diferències entre les trames que conformen un mateix flux de vídeo-streaming, s'ha plantejat la possibilitat de realitzar un procés de diferenciació d'aquestes, ja que per la seva natura física i funcional tenen necessitats de canal diferents. Per tant, si en comptes d'utilitzar un sol canal pel qual transmetre tots els paquets indiscriminadament es diferenciessin en dos o més canals dotats individualment dels paràmetres més adients, es podria optimitzar els recursos utilitzats. En el cas del present projecte s'ha decidit simplificar el model a dos tipus de paquets (I i P).

A continuació es detallen les diferents proves experimentals que s'han realitzat per tal de caracteritzar els continguts de vídeo-streaming en funció de les seves característiques i de com diferents valors de pèrdues de paquets I i P afecten a la seva qualitat a recepció, per posteriorment poder comparar els resultats amb el cas en que no existeix una diferenciació de canals ni, per tant, de percentatges de pèrdues en funció del tipus de paquet.

CAPÍTOL 2. PLANTEJAMENT I ESCENARI

2.1 Objectiu del treball experimental

La **primera part** del present projecte, **de caire experimental**, té com a finalitat la caracterització de diferents tipus de continguts de vídeo-streaming sota unes determinades condicions de canal.

Els tipus de continguts són caracteritzats per dos factors :

- La quantitat de moviment del vídeo.
- La taxa de codificació, en Kbps.

Els criteris i justificacions per escollir aquests paràmetres es tractaran més endavant en aquest mateix capítol.

Un cop determinada la natura de les diferents fonts de vídeo de l'escenari, la finalitat ha estat l'estudi pormenoritzat del seu comportament sota diferents percentatges de pèrdues de paquets al canal. S'han realitzat diferents combinacions, jugant amb les diferents possibilitats de perdre paquets I i paquets P del flux de vídeo, les quals també es troben especificades en aquest capítol.

El comportament es troba evaluat en funció d'un paràmetre que reflexa la qualitat del vídeo final (el **MOS**), com veurem en següents seccions.

2.2 Escenari de laboratori

2.2.1 Escenari global

Per tal d'assolir els objectius fixats en aquesta part, era necessària la construcció d'un escenari de laboratori concret, que constés de tres parts bàsiques:

- *Servidor de vídeo-streaming*: Terminal que serveix diferents tipus de vídeo sota petició d'un altre terminal (client).
- *Client*: Terminal que realitza la petició de vídeo al servidor, i que ha de trobar-se equipat amb el software necessari per tal de visualitzar els continguts, així com per realitzar les captures pertinents.
- *Node Central*: Es tracta del node que comunica el servidor de vídeo amb el client. La natura de les seves funcions forcen a que aquest sigui un terminal que disposi de dues interfícies de xarxa. Té dues funcions primordials:
 - La de **router**. Enruta els paquets que li arriben per la interfície connectada al servidor cap a la interfície connectada al client (i a l'inrevés).

- La de **filtre**: Per tal de diferenciar el tracte que rebran els paquets del flux de vídeo provinent del servidor en funció de si són trames I o trames P.

La figura 2.1 mostra l'escenari de laboratori, especificant també detalls com les adreces IP associades a cada interfície, el Sistema Operatiu utilitzat a les màquines i el software que requerien.

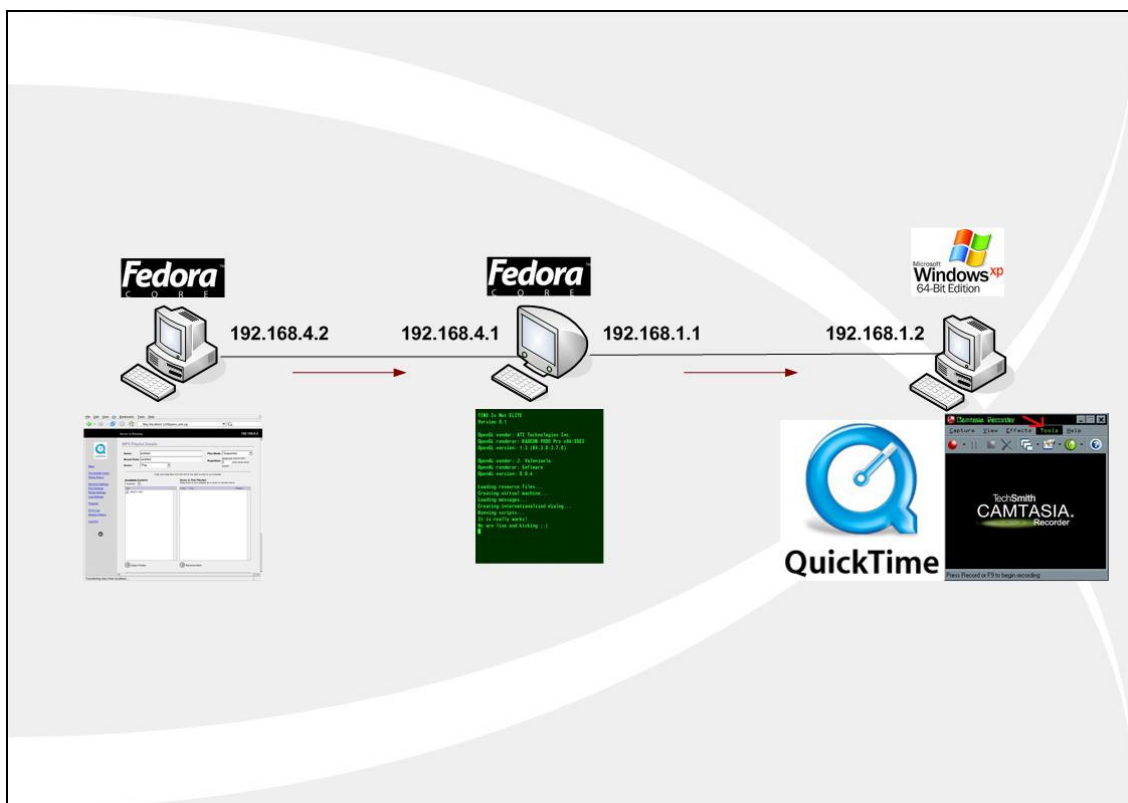


Fig. 2.1 Escenari de proves experimentals

Les diferents interfícies dels terminals es connectaven entre elles utilitzant cablejat creuat.

A continuació es troben detallats els tres nodes del circuit.

2.2.2 Servidor

El primer dels nodes es tracta d'una màquina amb SO Linux Fedora, en la qual s'ha instal·lat el servidor de vídeo-streaming **Darwin Streaming Server (DSS)**, que té la particularitat de ser *freeware*. També es pot administrar remotament via web desde qualsevol terminal.

DSS serveix vídeo sota petició d'un client a l'adreça IP que té associada i és totalment compatible amb els formats multimèdia mundials; en concret amb H.263 i MPEG-4. Tanmateix suporta els protocols de streaming RTP/RTCP i RTSP.

Els vídeos que serveix són aquells continguts en una carpeta específica de DSS, i poden ser modificats per l'administrador. En el cas del present projecte, es tracta de vídeos **MPEG4** (extensió **mp4**).

A continuació es troba una imatge de l'interfície gràfica de Darwin a nivell d'administrador.

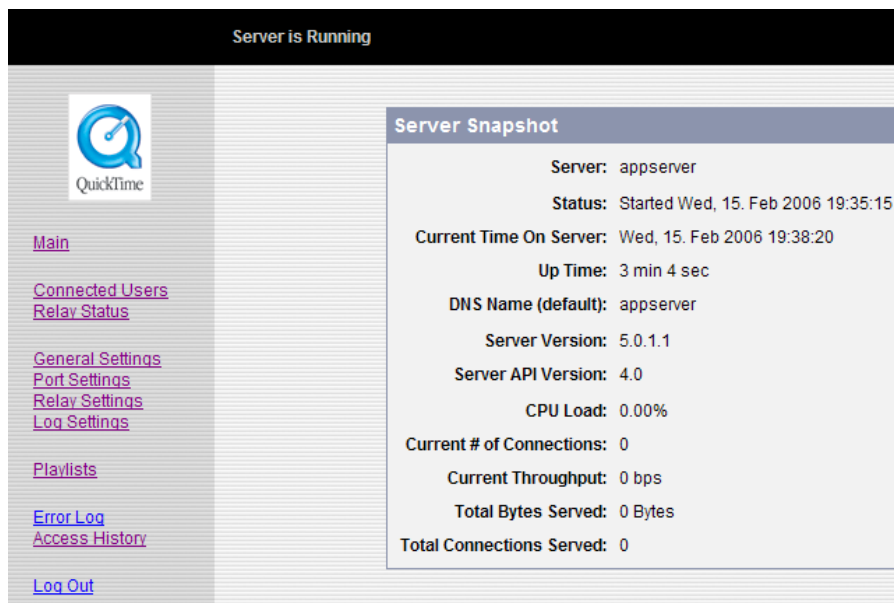


Fig. 2.2 Consola d'administració de DSS

2.2.3 Client

El client ve donat per una màquina amb Windows XP com a SO, a la qual s'han instal·lat bàsicament dos programes.

El primer és el **Quicktime Player**, que serveix de client de vídeo-streaming. Les seves dues funcions principals són realitzar la petició i representar el contingut per pantalla.

En el cas de les proves experimentals d'aquest treball amb l'escenari especificat, s'utilitzava la petició mitjançant el protocol *RTSP*.

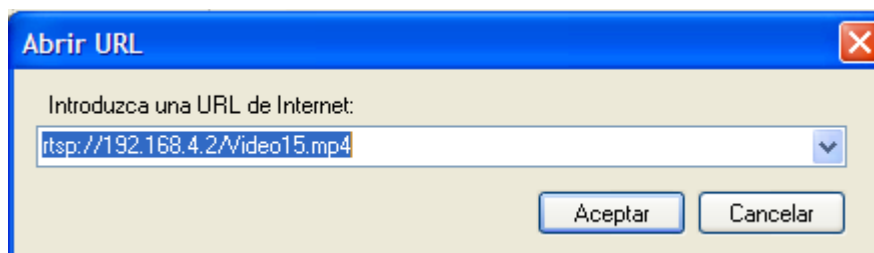


Fig. 2.3 Diàleg de Quick Time per a petició rtsp

La figura 2.3 mostra el diàleg de Quick Time per tal de realitzar la petició. Tan sols cal especificar el protocol, l'adreça IP del servidor de vídeo y el nom sota el qual es troba guardat a la carpeta del DSS el vídeo que volem visualitzar.

D'altra banda, és necessària una altre eina al client per tal de poder evaluar posteriorment la qualitat dels vídeos que es serveixen. El software utilitzat és el **Camtasia Studio 3**. Aquest permet capturar una regió específica de la pantalla durant un temps acotat per l'usuari, i extreure la captura en format de vídeo **avi**.



Fig. 2.4 Finestra de la utilitat '*Recorder*' del software *Camtasia Studio*

Més endavant en aquest mateix capítol es troba la pertinent explicació del procés al complet, en el que es veurà clarament l'ús que se li dóna a cadascuna de les eines.

2.2.4 Node Central

El node central es troba implementat mitjançant un PC amb dues interfícies, amb SO Linux Fedora. Aquest node ha de suportar dues funcions: la de router, ja que es tracta del node intermedi, i la de filtre.

Per tal d'aconseguir això s'ha utilitzat un programa en llenguatge C, **FiltreVideo**. L'objectiu d'aquest programa és bàsicament que les dues funcions principals del node puguin tenir lloc.

Un cop executat, el primer que fa es dotar de connectivitat a totes les parts de la xarxa. D'aquesta forma garanteix la comunicació pont entre ambdues de les seves interfícies de xarxa, que a la vegada estan connectades a servidor i client respectivament.

D'altra banda el programa efectua un processat dels paquets que reb a l'entrada. Aquest processat es basa en la classificació en funció de la seva tipologia en tres tipus: paquets I, paquets P i tota la resta.

Cadascun dels tres sub-tipus de paquet és tractat mitjançant una política de **token bucket**, independents entre elles. La figura 2.5 il·lustra el funcionament d'aquest tipus de control de tràfic.

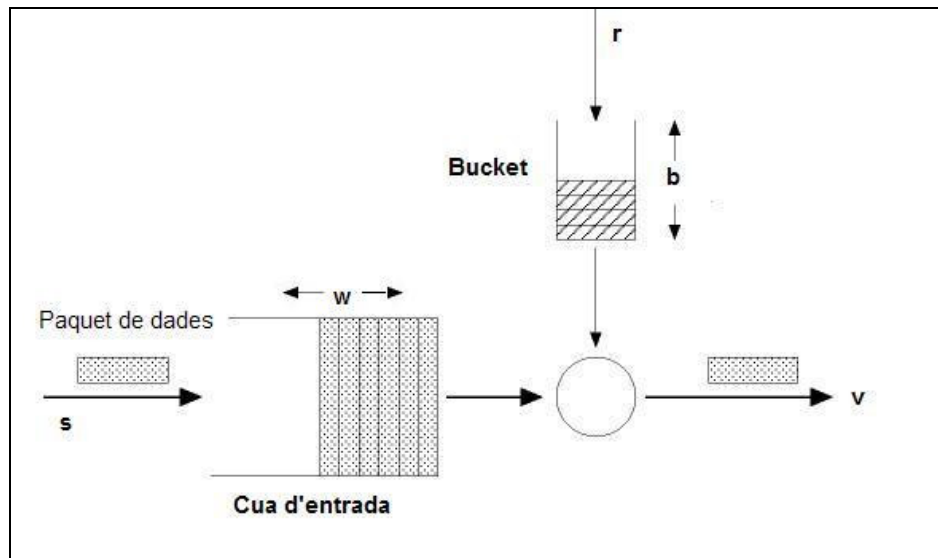


Fig. 2.5 Funcionament del control de tràfic a cada cua mitjançant Token Bucket

El tràfic arriba a una taxa determinada s i és emmagatzemat a la cua d'entrada, que queda definida mitjançant la seva longitud w , longitud que marcarà el nombre de paquets màxim que pot contenir. Així, un cop s'hagi superat el límit marcat per w , tots els paquets que segueixin arribant a l'entrada són descartats directament.

Paral·lelament existeix una altra cua, el *bucket*. Aquest és de longitud b , i es va omplint de tokens a una taxa constant r . Anàlogament, si s'ha superat el valor límit de b , els tokens que arribin posteriorment es perden.

El funcionament és el següent: sempre que hi hagi tokens al bucket s'aniran servint paquets de la cua d'entrada, els quals seran servits a una taxa final resultant v . Aquesta taxa sempre es trobarà condicionada per la taxa d'entrada i la taxa de token de forma que, en règim permanent i en el supòsit de que la taxa d'entrada de paquets també és constant:

$$v = \min (s,r)$$

Així, el filtre implementat al node central consta de tres token buckets; un per a cada tipus de paquet. Cada bucket utilitza els valors de diferents paràmetres que han estat introduïts per l'usuari abans d'iniciar el programa a un fitxer de configuració, **config.txt**.

En aquest fitxer s'introdueixen, per a cada tipus de paquet :

- La taxa de token : determina r .
- El percentatge de pèrdues de la cua
- Els bytes de la cua d'entrada : determinen w .
- Els bytes del bucket : determinen b .

D'aquesta forma queden configurats els valors de tots els paràmetres involucrats a les cues, així com el percentatge de pèrdues que s'aplicarà en cada cas, de forma que es pot diferenciar entre les pèrdues dels diferents tipus de paquets.

Així, a la sortida del filtre el node central servirà el vídeo al client, però el vídeo processat segons els paràmetres que l'usuari ha escollit.

2.3 Validació del funcionament del sistema

Abans d'iniciar la part experimental amb el muntatge descrit a la secció 2.2 del present capítol, es van realitzar una sèrie de proves preliminars amb la fita de validar el correcte funcionament del sistema, i concretament del filtre de vídeo que conforma el node central.

Per realitzar aquestes comprovacions es van emprar dues eines de monitorització i control de xarxes: **iperf** i **Ethereal**, i es van realitzar diverses proves.

La primera de les proves va consistir en visualitzar que efectivament la connexió entre ambdues màquines a través del node central era real, i que s'estaven utilitzant els protocols esperats: RTP i RTCP.

Amb el muntatge descrit a 2.2, es va realitzar una petició de vídeo i es va capturar el tràfic al client amb l'eina Ethereal.

La figura 2.6 mostra aquesta captura, on s'observa la correcta utilització del protocol RTP i RTCP, així com la comunicació entre les màquines esperades a través del node central (màquines 192.168.4.2 i 192.168.1.2).

No. -	Time	Source	Destination	Protocol
70	0.678233	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
71	0.718919	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP
72	0.731247	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
73	0.776805	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP
74	0.841238	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
75	0.893242	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
76	0.900804	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP
77	0.945225	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
78	0.964280	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP
79	0.997198	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
80	1.042403	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP
81	1.054222	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
82	1.089303	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP
83	1.106200	192.168.4.2	192.168.1.2	RTP
84	1.151934	192.168.1.2	192.168.4.2	RTCP

Fig. 2.6 Captura amb Ethereal del tràfic entre nodes

Adicionalment es va comprovar que les dades transportades eren les esperades, ja que de no ser així el filtre seria incapaç de dur a terme la classificació. La unitat d'accés transportada al paquet RTP en format MPEG4

comença per una sentència coneguda, que en hexadecimal pren el valor "000001B6".

De forma anàloga a la prova anterior, es va comprovar amb l'Ethereal que el payload era correcte. La figura 2.7 mostra el payload del tràfic capturat al servir un vídeo MPEG4, on s'observa que la sentència anterior és l'inici de la trama.

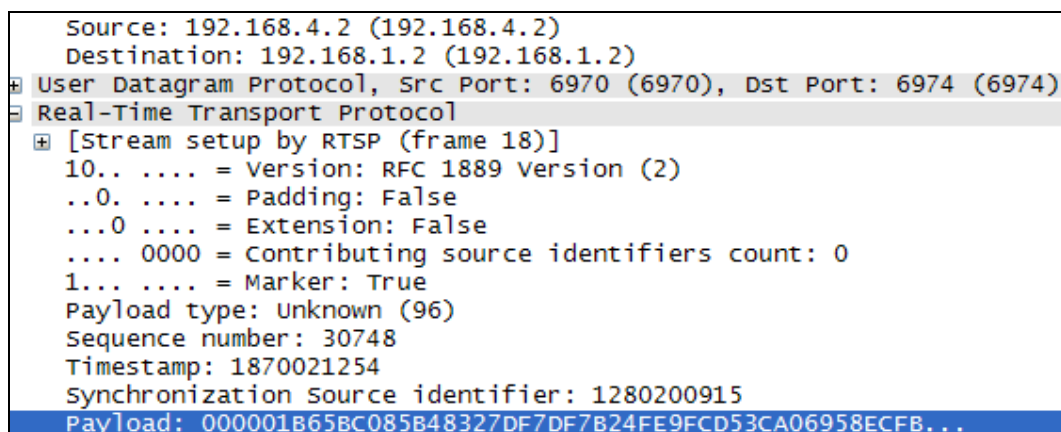


Fig. 2.7 Comprovació amb Ethereal de correcte inici del payload

Arribats a aquest punt restava comprovar que el filtre otorgava les taxes i els percentatges de pèrdues de forma correcta. Per tal de verificar aquest punt es va modificar aquest de forma que existís una única cua, i es va treballar amb lperf i Ethereal.

Per un costat lperf, sota Linux, generava tràfic UDP a una taxa i durant un període de temps especificats per l'usuari. Aquests paquets es feien passar pel filtre, on s'especificaven uns valors concrets de taxes i percentatges de pèrdues; i finalment es rebien al client, mitjançant una petició amb lperf-client, on es monitoritzava amb Ethereal el valor de la taxa a recepció.

La figura 2.8 mostra un exemple dels resultats obtinguts.

Traffic	Captured	Displayed
Between first and last packet	51,912 sec	
Packets	991	
Avg. packets/sec	19,090	
Avg. packet size	1504,000 bytes	
Bytes	1491062	
Avg. bytes/sec	28723,112	
Avg. MBit/sec	0,230	

Fig. 2.8 Exemple de resultat obtingut en la validació del funcionament del filtre

En aquest cas s'havia configurat el tràfic a 256 Kbps, imposant al filtre unes pèrdues del 10%, pel que a recepció el valor esperat de taxa era de:

$$\text{Taxa a recepció} = 256 - 0,1 \cdot 256 = 230,4 \text{ Kbps}$$

S'observa que el resultat experimental és de **230 Kbps**, valor molt similar al teòric. Aquest patró va tenir lloc a les diferents proves realitzades amb aquesta configuració, de forma que es va donar per validat el correcte funcionament del filtre i del sistema.

2.4 Treball experimental

2.4.1 Codificació de continguts

Per tal de poder realitzar les proves de laboratori, era necessari definir una sèrie de vídeos amb unes característiques particulars, i la seva posterior codificació.

S'han utilitzat vídeos de diferent tipologia, bàsicament observant les seves diferències en quant a quantitat de moviment i taxa de vídeo.

Tal i com s'ha exposat a capítols anterior, la quantitat de moviment dels vídeos que se serveixen en comunicacions mòbils varien molt en funció dels continguts. Aquesta variació té un impacte directe en la quantitat de paquets I i de paquets P. Així, basant-se en aquestes premisses s'ha decidit fer proves amb tres tipus de vídeos en funció de la quantitat de moviment:

- *Vídeo amb quantitat de moviment moderada:* Es tracta d'un vídeo amb un sol canvi de pla i una persona movent-se mínimament
- *Vídeo amb quantitat de moviment mitjana:* Es tracta d'un vídeo de dibuixos animats ballant.
- *Vídeo amb alta quantitat de moviment:* En aquest cas es tracta d'un vídeo amb una gran quantitat de canvis de pla, i amb imatges accelerades.

D'altra banda, s'ha volgut comprovar també l'efecte de la taxa de vídeo, i s'ha jugat amb 4 valors: 64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps i 512 Kbps que és la màxima taxa que es pot esperar per a comunicacions d'aquest tipus.

Així, el nombre total de vídeos dels que es faran proves son $3 \times 4 = 12$ vídeos, tal i com reflexa la Taula 2.1.

Taula 2.1 Taula descriptiva dels vídeos per a realitzar les proves

	QUANTITAT DE MOVIMENT		
TAXA	BAIXA	MITJA	ALTA
64 Kbps	Vídeo 1	Vídeo 2	Vídeo 3
128 Kbps	Vídeo 4	Vídeo 5	Vídeo 6
256 Kbps	Vídeo 7	Vídeo 8	Vídeo 9
512 Kbps	Vídeo 10	Vídeo 11	Vídeo 12

La codificació dels vídeos s'ha realitzat de vídeos font d'altíssima qualitat (taxes sempre superior a 5Mbps), en format VOB o MPEG-2, i s'han creat 12 arxius MPEG4 compatibles amb el streaming de vídeo.

La codificació ha tingut lloc amb la versió *pro* del propi Quick Time, i s'han utilitzat els següents paràmetres:

- Resolució constant: 128x 96
- Frame rate = 25 fps
- 4 rates: 64 /128 /256 /512 kbps

Un cop realitzada la codificació dels 12 vídeos en format MPEG4 i amb les característiques desitjades, es va procedir a dipositar-los a la carpeta pertinent del DSS, per tal de que estiguessin llestos per a ser servits.

2.4.2 Funcionament

El funcionament de les proves és el següent. En primer lloc s'inicia el DSS i el filtre del node central amb els paràmetres desitjats. Seguidament, des del client, es realitza la petició rtsp al servidor, després de la qual comença la visualització del vídeo.

Simultàniament, amb el software Camtasia es procedeix a la captura del vídeo que s'esta visualitzant per al posterior processat d'aquest, del qual s'extraurà l'efecte que el filtre ha tingut en la qualitat del vídeo a recepció.

2.4.3 Proves a realitzar

S'han creat una sèrie de taules de proves a realitzar, en funció dels percentatges de pèrdues dels paquets I i dels paquets P. Els valors de les proves segueixen els següents criteris:

- *Efecte de les pèrdues de paquets I*: en aquestes proves el percentatge de pèrdues de paquets tipus P es manté a 0, i es va incrementant el valor de les pèrdues tipus I gradualment
- *Efecte de les pèrdues tipus P*: Anàlogament al cas anterior, pero incrementant el percentatge de pèrdues tipus P.
- *Efecte de les pèrdues tipus I i tipus P de forma proporcional* : En aquest cas s'ha anat variant el percentatge de pèrdues tipus I i tipus P gradualment, amb el mateix valor per ambdues cues.
- *Efecte de les pèrdues tipus I i tipus P en general* : Finalment, la bateria de proves més extensa, en la que s'observa el comportament del vídeo en anar variant els percentatges de pèrdues tipus I i tipus P de forma gradual, però asimètrica.

El total de proves dissenyades és de 39. Tenint en compte que s'han de realitzar per a un total de 12 vídeos diferents, obtenim que el total de proves ascendeix a **468**.

Els valors de disseny de les proves es troben detallats al capítol 3, on a més a més s'exposen els resultats obtinguts gràficament.

2.4.4 Evaluació de la qualitat (VQM)

Un cop realitzades les proves, s'han capturat un total de 468 vídeos tipus *avi* utilitzant el software *Camtasia Studio*, repartits equitativament entre els 12 vídeos font diferents.

Aquests són els vídeos dels quals s'ha d'evaluar la qualitat per tal de determinar quin és l'efecte del filtre en cada cas. Per tal de dur a terme aquesta evaluació, s'ha de comparar cadascun dels vídeos font amb un vídeo de referència.

Per realitzar aquest processament de dades s'ha emprat el software **VQM** (Video Quality Metrics) [5], el qual s'encarrega de la valoració de la qualitat del vídeo a recepció respecte a un vídeo referència que se li indiqui. La implementació es basa en els models de la qualitat definits per les recomenacions de la ITU-T. VQM implementa diferents algorismes que estimen la qualitat en comparar dos vídeos obtenint diferents paràmetres com el PSNR (Peak Signal Noise Ratio) o el valor **MOS** (Mean Opinion Store) d'aquesta comparació.

El valor MOS estima la qualitat del vídeo respecte de l'original otorgant-li una puntuació que va de 1 a 5, sent 5 el millor resultat. El valor llindar pel qual es considera que el vídeo té una qualitat acceptable és **3**.

El propi software transforma els vídeos de format *avi* al format propi que utilitza *yuv*, i posteriorment es porta a terme una alineació dels vídeos manual i una calibració automàtica, entre d'altres.

D'altra banda, queda la consideració de quin és el vídeo de referència a utilitzar per al processament amb el VQM. S'han considerat dues opcions:

- 1) El vídeo de referència és el mateix vídeo abans de passar pel filtre: per tant coincideix en taxa de codificació, i per a cada tipus de contingut hi haurà 4 vídeos de referència (un per a cada taxa), obtenint un total de 12 vídeos de referència.
- 2) El vídeo de referència és el mateix per a tots els vídeos que comparteixen tipus de contingut, de forma que la taxa de codificació del vídeo de referència sempre és la millor possible (512 Kbps), obtenint un total de 3 vídeos de referència.

S'han processat els 468 vídeos resultants de les proves des dels dos punts de vista, de forma que s'han realitzat un total de: **819** processaments ($468 \cdot 2 - 117$, on 117 són el nombre de processaments que es solapen entre les dues opcions).

Al capítol següent es troben els resultats exposats de forma gràfica.

CAPÍTOL 3. RESULTATS DE LA CARACTERITZACIÓ

3.1 Introducció

A continuació es troben els resultats corresponents a les proves experimentals realitzades, a l'escenari i amb la metodologia que s'ha exposat al capítol 2. Aquests resultats es troben dividits en dues parts, en funció del vídeo de referència a partir del qual s'ha obtingut el valor de MOS corresponent.

Tal i com s'ha avançat al capítol anterior, s'han realitzat dos processaments de resultats diferents. El primer, el qual s'anomenarà de comparació amb **referència pròpia**, evalua cada vídeo resultant comparant-lo amb el mateix vídeo sense haver passat pel filtre del node central, a la mateixa taxa de codificació.

La figura 3.1 il·lustra la quantitat de vídeos de referència per a cada tipus de contingut, així com la seva taxa de codificació i el nombre de processaments que es realitzen amb cada un d'ells.

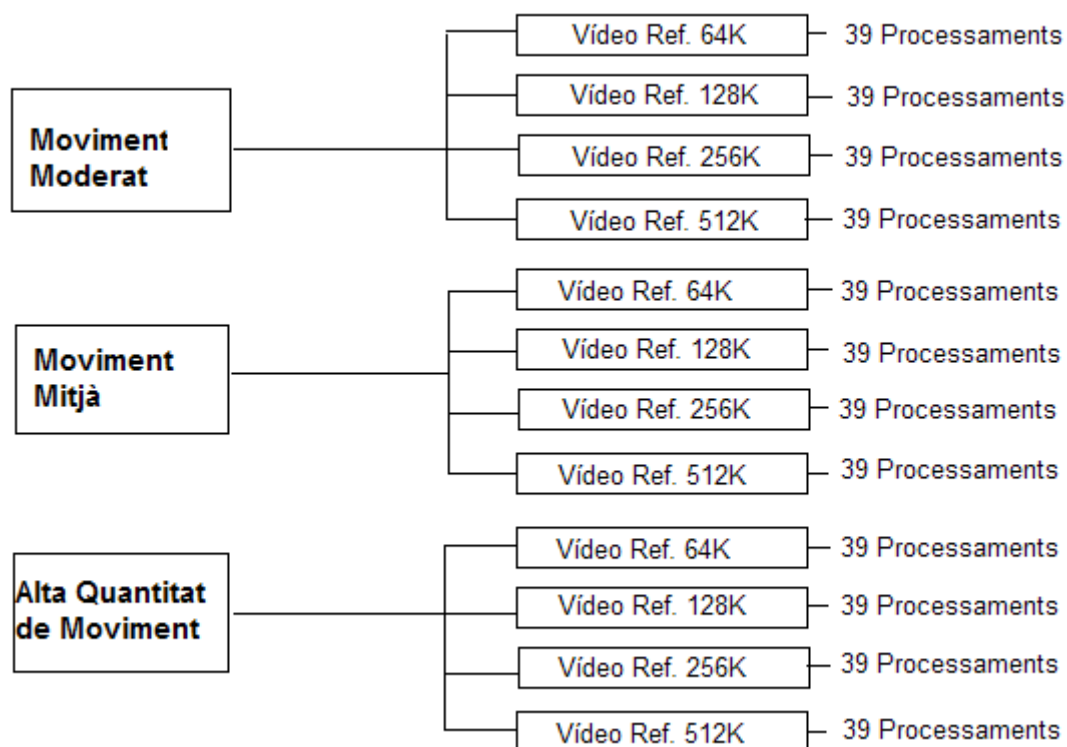


Fig. 3.1 Vídeos de referència per a comparació amb referència pròpia

El segon mètode utilitza una única taxa de codificació (la més alta) per als vídeos de referència, obtenint doncs un vídeo referència per a cada tipus de contingut.

La figura 3.2 il·lustra la quantitat de vídeos de referència per a cada tipus de contingut, així com la seva taxa de codificació i el nombre de processaments que es realitzen amb cada un d'ells en aquest segon cas.

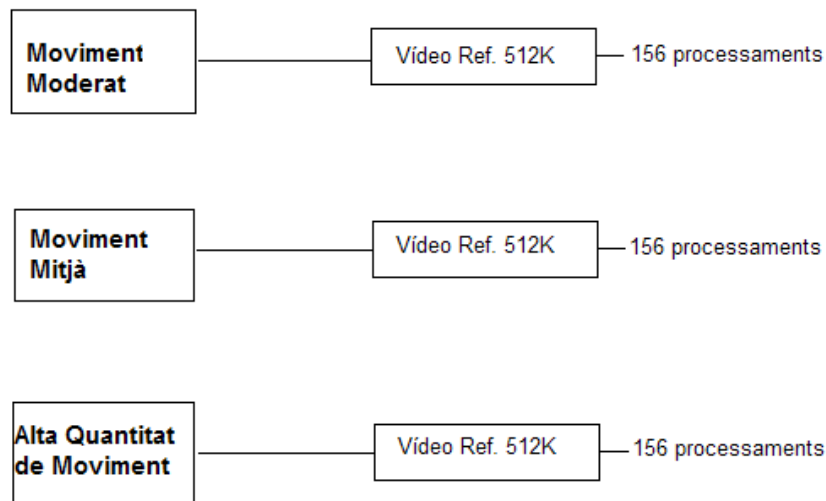


Fig. 3.2 Vídeos de referència per a comparació amb referència comú

3.2 Comparació amb referència pròpia

3.2.1 Pèrdua de paquets tipus I

La primera de les tipologies de proves evalua el comportament dels diferents vídeos enfront a les pèrdues de paquets tipus I, quan les pèrdues de paquets tipus P s'han fixat a 0.

Les següents figures mostren l'evolució del MOS per a cada tipus de contingut, i per a cada una de les 4 taxes, per a valors del percentatge de paquets perduts de tipus I que van del 1% al 100% (a l'eix 'x').

3.2.1.1 Continguts amb quantitat de moviment moderada

La figura 3.3 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus I, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment moderada.

S'observa que els diferents vídeos aguanten les pèrdues tipus I de forma similar, lleugerament pitjor en el cas dels vídeos a 512 Kbps.

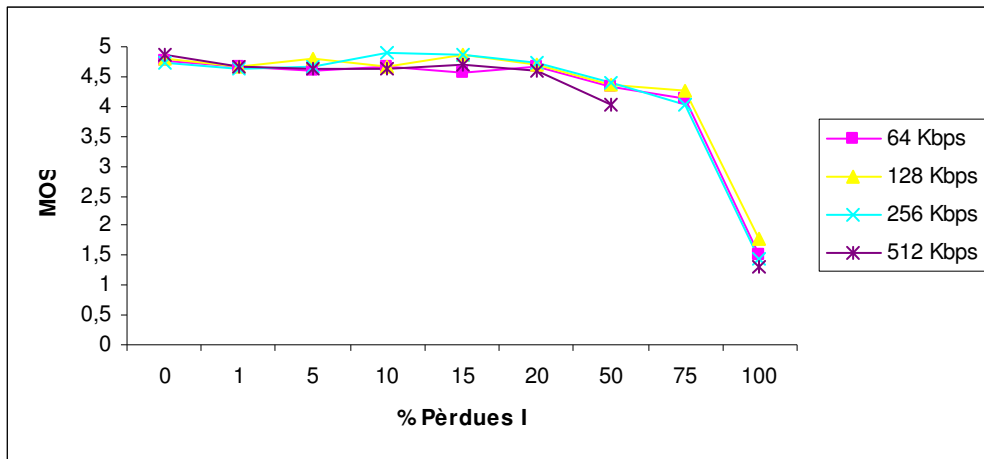


Fig. 3.3 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus I, cas moviment moderat, referència pròpia

La taula 3.1 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3 (és a dir, suspenen la prova).

Taula 3.1. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues I, moviment moderat, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues I
64 Kbps	85,77%
128 Kbps	87,77%
256 Kbps	84,88%
512 Kbps	68,89%

3.2.1.2 Continguts amb quantitat de moviment mitjana

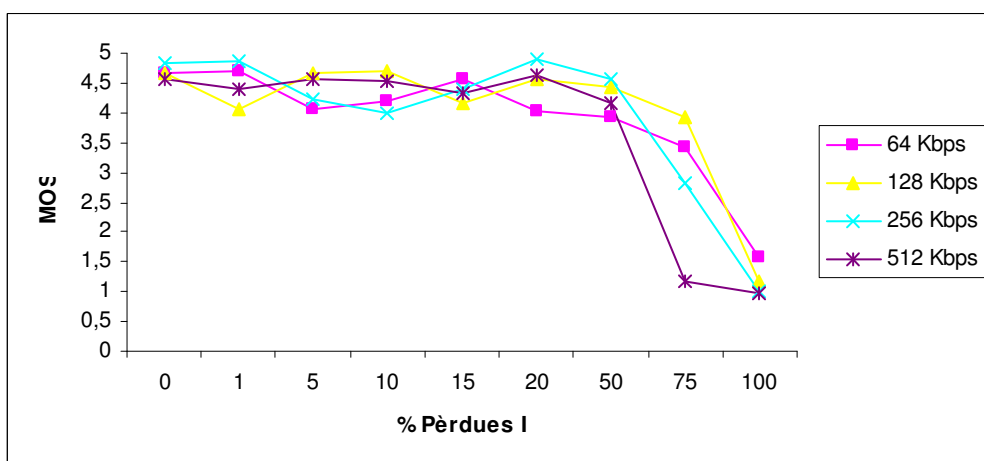


Fig. 3.4 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus I, cas moviment mig, referència pròpia

La figura 3.4 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus I, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment mitjana.

La tònica general del MOS un cop arribats al tram de majors pèrdues indica que aguanten millors les pèrdues en aquest ordre:

$$64 \text{ Kbps} > 128 \text{ Kbps} > 256 \text{ Kbps} > 512 \text{ Kbps}$$

La taula 3.2 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3 (és a dir, suspenen la prova).

Taula 3.2. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues I, moviment mig, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues I
64 Kbps	80,57%
128 Kbps	83,4%
256 Kbps	72,27%
512 Kbps	66,24%

3.2.1.3 Continguts amb alta quantitat de moviment

La figura 3.5 mostra l'evolució del MOS de forma anàloga als casos anteriors.

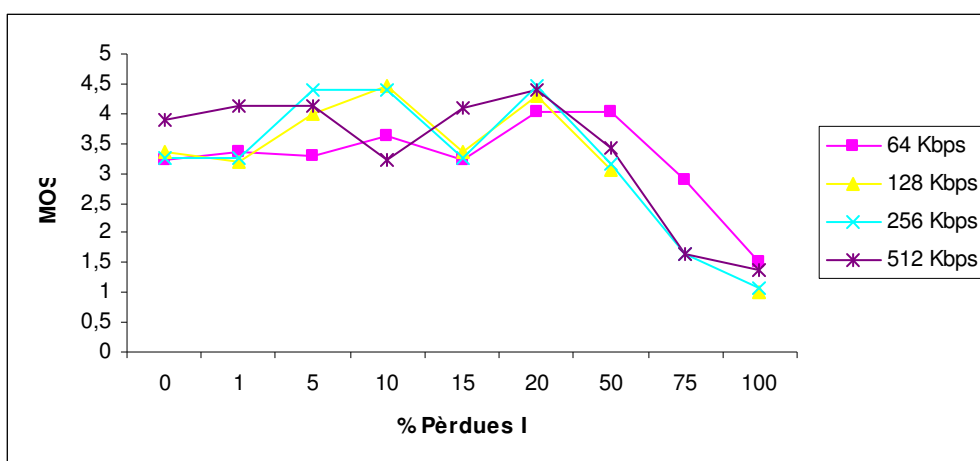


Fig. 3.5 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus I, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

La tònica general del MOS un cop arribats al tram de majors pèrdues indica que aguanten millor les pèrdues els vídeos de 64 Kbps, mentre que els altres tres casos tenen valors similars.

La taula 3.3 mostra el percentatges de forma anàloga als casos anteriors.

Taula 3.3. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues I, alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues I
64 Kbps	72,76%
128 Kbps	51,7%
256 Kbps	52,79%
512 Kbps	55,93%

3.2.1.4 Observacions

De l'observació de les proves anteriors podem resaltar que les pèrdues de paquets de tipus I afecten més negativament als vídeos amb alta quantitat de moviment que als vídeos amb quantitat de moviment mitjana, els quals a la seva vegada són afectats més negativament que els de moviment moderat.

En quant a les taxes de codificació, es té un pitjor comportament global enfront a pèrdues I a major taxa de vídeo. Ordenats de millor a pitjor comportament:

64 Kbps > 128 Kbps > 256 Kbps > 512 Kbps

3.2.2 Pèrdues de paquets tipus P

La segona de les tipologies de proves evalua el comportament dels diferents vídeos enfront a les pèrdues de paquets tipus P, quan les pèrdues de paquets tipus I s'han fixat a 0.

Les següents figures mostren l'evolució del MOS per a cada tipus de contingut, i per a cada una de les 4 taxes, per a valors del percentatge de paquets perduts de tipus I que van del 1% al 50% (a l'eix 'x').

3.2.2.1 Continguts amb quantitat de moviment moderada

La figura 3.6 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus P, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment moderada.

La tònica general de les corbes mostren que en general aguanten millor les pèrdues els vídeos amb codificacions menors (64,128) que els de codificacions majors (256,512), tot i que no existeixen grans diferències finals.

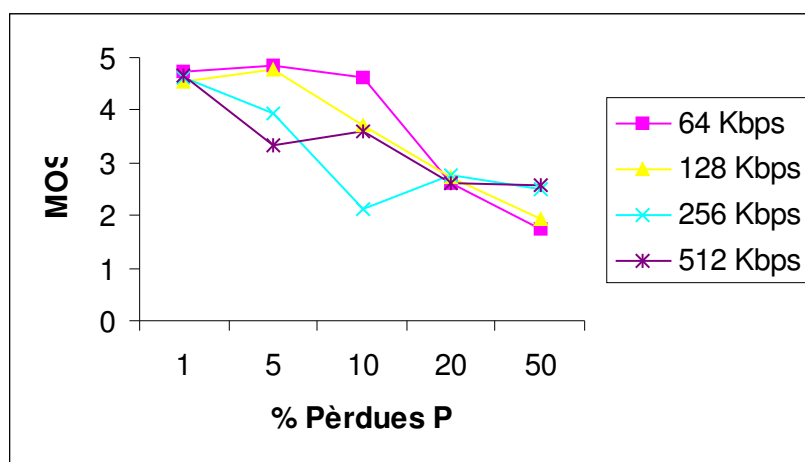


Fig. 3.6 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus P, cas moviment moderat, referència pròpia.

La taula 3.4 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3 (és a dir, suspenen la prova).

Taula 3.4. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues P, moviment moderat, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	18,02%
128 Kbps	17,3%
256 Kbps	7,5%
512 Kbps	16%

3.2.2.2 Continguts amb quantitat de moviment mitjana

Les figures i resultats, representats i comentats anàlogament al subapartat 3.2.2.1 en el cas de continguts amb quantitat de moviment mitjana, es troben a l'**annex I**.

3.2.2.3 Continguts amb alta quantitat de moviment

Les figures i resultats, representats i comentats anàlogament al subapartat 3.2.2.1 en el cas de continguts amb alta quantitat de moviment, es troben a l'**annex I**.

3.2.2.4 Observacions

De l'observació de les anteriors proves podem destacar que les pèrdues de tipus P afecten de forma similar als diferents continguts de vídeo, els quals tenen valors finals de MOS similars per a les diferents taxes i tòniques en general similars igualment.

3.2.3 Pèrdues combinades

En aquesta tipologia de proves es tracta de comprovar l'efecte de les pèrdues combinades d'ambdós tipus de paquets, I i P. Per tal d'aconseguir-ho s'han dissenyat 20 proves per a diferents valors dels percentatges de pèrdues.

La taula 3.5 mostra la correspondència entre el número de prova i els corresponents valors de pèrdues aplicats.

Taula 3.5. Proves amb pèrdues combinades.

Prova número	Pèrdues I (%)	Pèrdues P (%)
1	1	1
2	1	5
3	1	10
4	1	20
5	1	50
6	5	1
7	5	5
8	5	10
9	5	20
10	5	50
11	10	1
12	10	5
13	10	10
14	10	20
15	10	50
16	20	1
17	20	5
18	20	10
19	20	20
20	20	50

La taula de proves realitzades contempla pèrdues I entre 1% i 20% i pèrdues P entre 1% i 50%.

Les següents figures mostren l'evolució del MOS per a cada tipus de contingut, i per a cada una de les 4 taxes, en funció del número de prova especificat a la taula 3.5 (a l'eix 'x').

3.2.3.1 Continguts amb quantitat de moviment moderada

La figura 3.9 mostra l'evolució del MOS en funció de les 20 proves especificades a la taula 3.7.

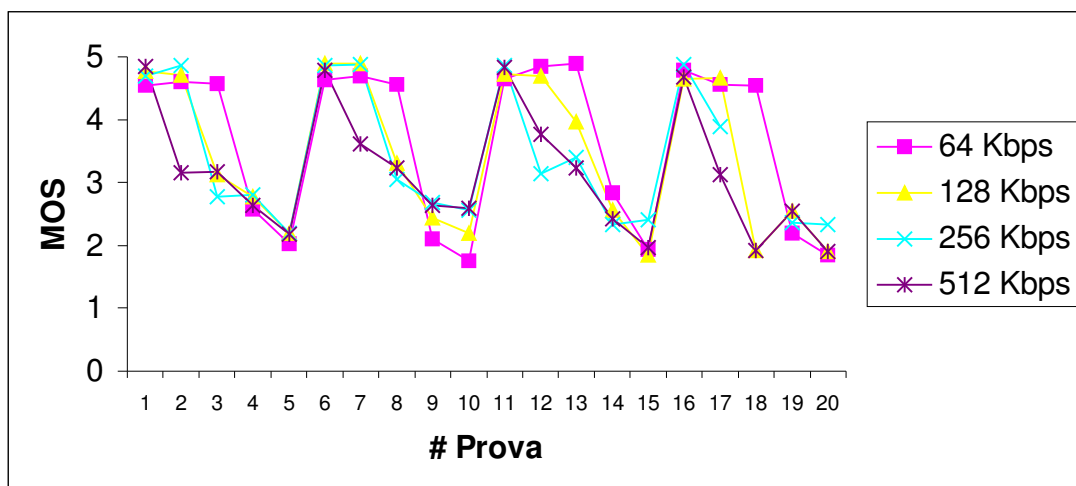


Fig. 3.7 Evolució del MOS per les diferents proves, cas moviment moderat, referència pròpia

Per tal d'apreciar millor els resultats, s'ha dividit la figura en 4 regions, en las que el percentatge de pèrdues I es troba fixat (a 1,5,10 i 20% respectivament).

Cas Pèrdues I a 1%

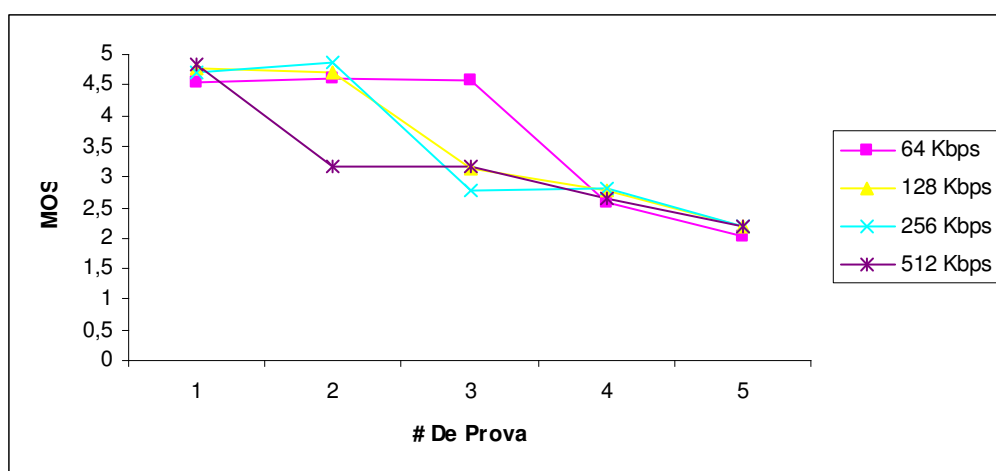


Fig. 3.8 Evolució del MOS per les proves 1-5, cas moviment moderat, referència pròpia.

La figura 3.8 mostra l'evolució del MOS en funció de les 5 primeres proves, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 1%. En general s'observa que no existeixen grans diferències finals, tot i que en alguns dels trams predominen els vídeos de taxes més baixes (64,128) sobre els de taxes més altes (256, 512).

La taula 3.6 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3.

Taula 3.6. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, moviment moderat, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	12,86%
128 Kbps	13,71%
256 Kbps	9,47%
512 Kbps	13,2%

Cas Pèrdues I a 5%

La figura 3.9 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 6-10, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 5%.

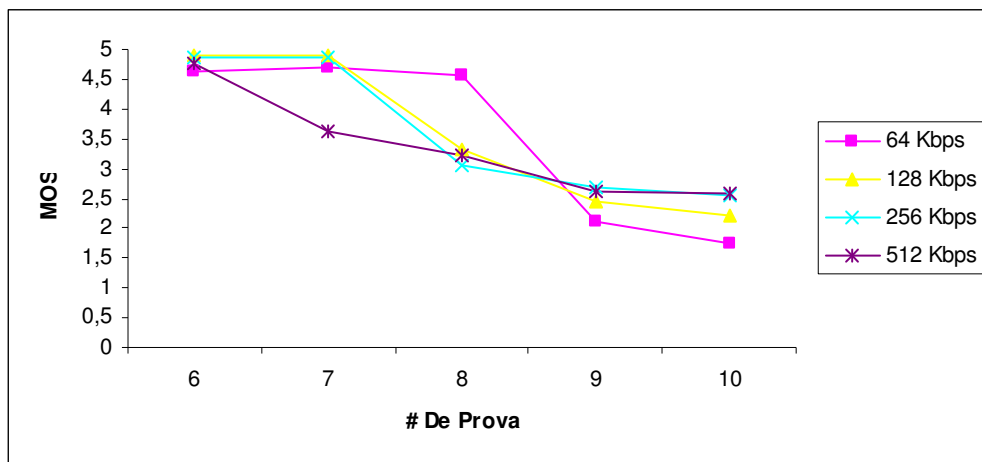


Fig. 3.9 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas moviment moderat, referència pròpia.

La taula 3.7 mostra els percentatges de tall de forma anàloga als casos anteriors.

Taula 3.7. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, moviment moderat, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	16,37%
128 Kbps	13,56%
256 Kbps	11,35%
512 Kbps	13,83%

Cas Pèrdues I a 10%

La figura 3.10 mostra de nou l'evolució del MOS en funció de les proves 11-15, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 10%.

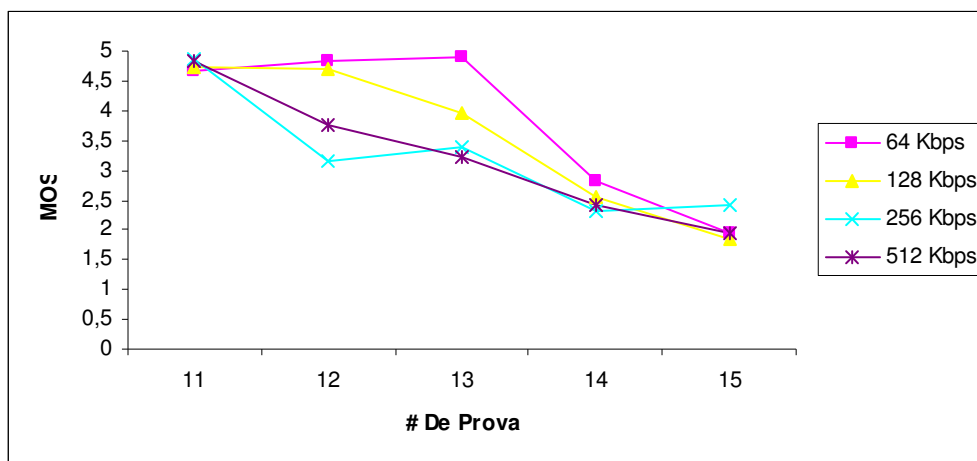


Fig. 3.10 Evolució del MOS per les proves 11-15, cas moviment moderat, referència pròpia.

La tònica general de les corbes mostra que els valors finals són molt similars, tot i que existeix en general una propensió de les taxes menors a aguantar millor les pèrdues.

Taula 3.8. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 11-15, moviment moderat, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	19,1%
128 Kbps	16,88%
256 Kbps	13,74%
512 Kbps	12,84%

Cas Pèrdues I a 20%

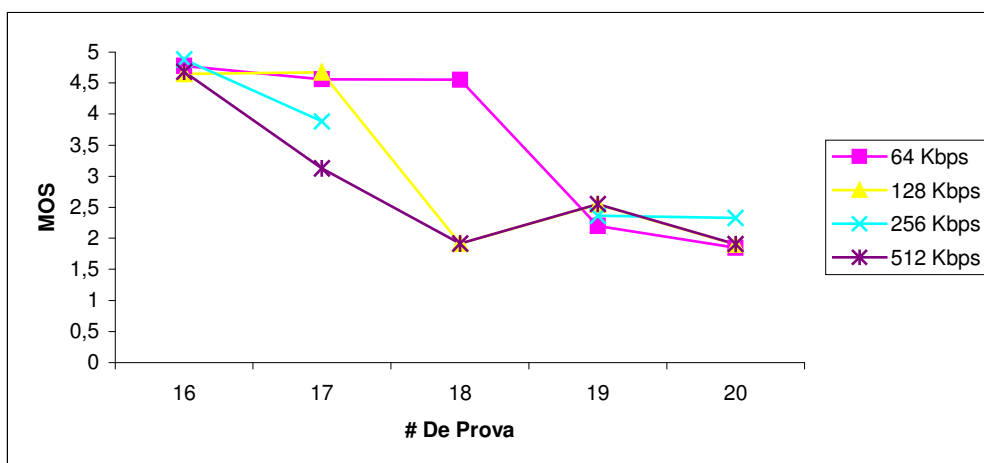


Fig. 3.11 Evolució del MOS per les proves 16-20, cas moviment moderat, referència pròpia.

La figura 3.11 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 16-20, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 20%.

S'observa que els valors finals són molt propers entre ells, tot i que coma tònica general en gran part dels trams, els vídeos de taxes menors (64, 128) tenen una millor resposta a la degradació.

La taula 3.9 mostra els percentatges de tall.

Taula 3.9. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 16-20, moviment moderat, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	16,6%
128 Kbps	8,04%
256 Kbps	13,68%
512 Kbps	5,54%

3.2.3.2 Continguts amb quantitat de moviment mitjana

3.2.3.3 Continguts amb alta quantitat de moviment

Les figures i resultats, representats i comentats anàlogament al subapartat 3.2.3.1 en el cas de continguts amb alta i mitjana quantitat de moviment, es troben a l'**annex I**.

3.2.3.4 Observacions

Dels resultats anteriors es desprenen diverses dades. En primer lloc es pot observar que les pèrdues globals afecten més als continguts amb un alta quantitat de moviment que als de mitjana quantitat de moviment, i aquests a la seva vegada es comporten pitjor que els de moviment moderat.

La tònica general de les figures mostra que, sigui quin sigui el contingut, davant de les pèrdues es comporten millor els vídeos de taxes menors (64, 128) que els de taxes majors (256, 512). A més a més, un cop el MOS es troba per sota del llindar (3), el comportament de les corbes sol ser molt similar.

En quant a l'efecte de les pèrdues combinades, en general pels mateixos descensos en el % de pèrdues P, a major % de pèrdues I, mateix comportament, pitjor mínim i pitjors valors finals.

S'han realitzat les següents taules comparatives amb la finalitat d'observar aquest comportament de forma més clara.

La taula 3.10 mostra els mínims absoluts de MOS que s'han trobat, per als diferents percentatges de pèrdues I

Taula 3.10. Comparativa de mínims absoluts

Tipus de Contingut	% I = 1%	%I = 5%	%I = 10%	%I = 20%
Dibuixos	1,54	1,37	1,41	1,28
Quantitat de moviment alta	0,98	0,98	0,95	0,95
Quantitat de moviment moderada	2,02	2,02	1,85	1,85

S'observa que la tònica dels mínims absoluts és anar descendant a mesura que el % de pèrdues I augmenta.

D'altra banda la taula 3.11 recull els diferents llindars percentuals de pèrdues P que cal sobrepassar per a suspendre el test, per als diferents percentatges de pèrdues I.

Taula 3.11. Comparativa de llindars

Tipus de Contingut	% I = 1%	%I = 5%	%I = 10%	%I = 20%
Dibuixos	64 → 13,94% 128 → 16,3% 256 → 9,3% 512 → 4,62%	64 → 10,62% 128 → 12,63% 256 → 8,94% 512 → 6,35%	64 → 14,66% 128 → 12,61% 256 → 13,64% 512 → 6,04%	64 → 12,56% 128 → 9,93% 256 → 14,43% 512 → 6,76%
Quantitat de moviment alta	64 → 12,31% 128 → 7,82% 256 → 6,3% 512 → 6,95%	64 → 6,7% 128 → 8,64% 256 → 8,02% 512 → 8,13%	64 → 10,3% 128 → 12,04% 256 → 9,15% 512 → 5,61%	64 → 6,82% 128 → 6,49% 256 → 9,18% 512 → 1,24%
Quantitat de moviment moderada	64 → 12,86% 128 → 13,71% 256 → 9,47% 512 → 13,2%	64 → 16,37% 128 → 13,56% 256 → 11,35% 512 → 13,83%	64 → 19,1% 128 → 16,88% 256 → 13,74% 512 → 12,84%	64 → 16,6% 128 → 8,04% 256 → 13,68% 512 → 5,54%

S'observa que, sobretot a la part dreta de la taula, a mesura que les pèrdues I van augmentant en percentatge, els llindars percentuals de pèrdues P tendeixen a ser menors. (marcats en vermell).

Tenint en compte els resultats globals, cal especificar que les pèrdues I no han tingut un efecte molt notori en el cas de les pèrdues combinades, ja que el màxim valor que s'ha experimentat ha estat del 20%, el que tan sols ha suposat petites desviacions en els valors finals. Si haguèssim forçat les pèrdues I a valors superiors, el llindar de pèrdues P hagués decrescut sens subte més abruptament.

3.3 Comparació amb referència comú

Els resultats del processament de les dades amb comparació de referència comú es troben a l'**annex I**.

3.4 Anàlisi de les dades

S'han trobat experimentalment el percentatge de paquets P i paquets I que conformen cadascun dels diferents continguts, per a cada taxa codificada.

La taula 3.22 mostra els resultats trobats, on el 100% ve donat per la suma de tots els paquets P i tots els paquets I

Taula 3.12. Percentatge de paquets I i paquets P, segons el tipus de contingut i la taxa de vídeo.

Tassa de Codificació	Moviment Moderat	Moviment mitg	Alta quantitat de moviment
64 Kbps	% Paquets I = 3,76 % Paquets P= 96,24	% Paquets I = 4,34 % Paquets P= 95,66	% Paquets I = 6,98 % Paquets P= 93,02
128 Kbps	% Paquets I = 3,4 % Paquets P= 96,6	% Paquets I = 4,27 % Paquets P= 95,73	% Paquets I = 6,19 % Paquets P= 93,81
256 Kbps	% Paquets I = 3,7 % Paquets P= 96,3	% Paquets I = 4,6 % Paquets P= 95,4	% Paquets I = 6,1 % Paquets P= 93,9
512 Kbps	% Paquets I = 3,73 % Paquets P= 96,27	% Paquets I = 4,88 % Paquets P= 95,12	% Paquets I = 6,92 % Paquets P= 93,08

Observem que independentment de la taxa de codificació, el percentatge de paquets I i P es manté per a cada tipus de contingut, de forma que existeix un major nombre de paquets I en aquest ordre:

Alta quantitat de moviment > Moviment Mitg > Moviment moderat

Per tal de determinar una quantitat genèrica de paquets I i P per tipus de contingut, s'ha realitzat la mitjana dels valors trobats per a les diferents velocitats.

Taula 3.13. Valors genèrics dels percentatges de paquets I i paquets P, segons el contingut.

Tipus de contingut	% Paquets I	% Paquets P
Moviment Moderat	3,65	96,35
Moviment Mitg	4,52	95,48
Alta quantitat de Moviment	6,55	93,45

3.4.1 Anàlisi d'influència dels paquets I i P en el cas de comparació amb referència pròpia

Donada la gran diferència en valor absolut de paquets I i P pels diferents tipus de contingut, a continuació es troba un estudi sobre la influència que les pèrdues d'un tipus i de l'altre tenen en el resultat final.

S'han pres els valors llindar; és a dir, els valors a partir dels quals el MOS és menor a 3 per a percentatge de pèrdua de paquets tipus I, i el mateix per a percentatge de pèrdua de paquets tipus P.

Amb aquests valors, i els trobats en la taula anterior en quant a la proporció de cada tipus de paquet, s'ha calculat quin percentatge de paquets totals suposen els valors llindars, pels respectius continguts.

Taula 3.14. Valors absoluts i relatius de les pèrdues I i P, per a contingut de moviment moderat, referència pròpia.

Taxa de vídeo	Llindar Pèrdues I	Paquets I Sobre total	Llindar Pèrdues P	Paquets P Sobre total
64 Kbps	85,77%	5,62%	18,02%	16,84%
128 Kbps	87,77%	5,75%	17,3%	16,17%
256 Kbps	84,88%	5,56%	7,5%	7,1%
512 Kbps	68,89%	4,51%	16%	14,95%

Observem doncs que per aconseguir un MOS major o igual a 3 (qualitat acceptable) podem perdre fins a un 2,66% de paquets en el millor dels casos, si aquests són I, i fins a un 9,73% de paquets en el millor dels casos, si aquests són P. Per tant, la pèrdua d'un mateix nombre de paquets I que de paquets P provoca directament una major disminució de la qualitat d'un vídeo.

Taula 3.15. Valors absoluts i relatius de les pèrdues I i P, per a contingut de moviment mig, referència pròpia.

Taxa de vídeo	Llindar Pèrdues I	Paquets I Sobre total	Llindar Pèrdues P	Paquets P Sobre total
64 Kbps	80,57%	3,64%	13,79%	13,17%
128 Kbps	83,4%	3,77%	8,95%	8,55%
256 Kbps	72,27%	3,27%	9,03%	8,62%
512 Kbps	66,24%	2,99%	7,8%	7,45%

En el cas de moviment mig, per aconseguir un MOS major o igual a 3 (qualitat acceptable) podem perdre fins a un 3,77% de paquets en el millor dels casos, si aquests són I, i fins a un 13,17% de paquets en el millor dels casos, si aquests són P.

Taula 3.26. Valors absoluts i relatius de les pèrdues I i P, per a contingut d'alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taxa de vídeo	Llindar Pèrdues I	Paquets I Sobre total	Llindar Pèrdues P	Paquets P Sobre total
64 Kbps	72,76%	2,66%	10,1%	9,73%
128 Kbps	51,7%	1,89%	9,8%	9,44%
256 Kbps	52,79%	1,93%	6,35%	6,12%
512 Kbps	55,93%	2,04%	5,85%	5,64%

Anàlogament als casos anteriors, per aconseguir un MOS major o igual a 3 (qualitat acceptable) podem perdre fins a un 5,75% de paquets en el millor dels casos, si aquests són I, i fins a un 16,84% de paquets en el millor dels casos, si aquests són P. La conclusió és la mateixa.

3.4.2 Anàlisi d'influència dels paquets I i P en el cas de comparació amb referència comú

Els càlculs realitzats anàlogament en el cas de processament amb referència comú es troben a l'**Annex I**.

3.4.3 Conclusions

De les proves de caracterització i els diferents resultats obtinguts podem destacar diversos aspectes.

En quant al tipus de contingut, en tots els casos (sigui quin sigui el tipus de paquet que s'està perdent, sigui quina sigui la referència a l'hora de processar, sigui quina sigui la taxa) s'ha donat que *els vídeos de major quantitat de moviment tenen una resposta pitjor a les pèrdues que els de quantitat de moviment mitja, els quals a la seva vegada tenen una pitjor resposta que els de quantitat de moviment moderada*. De forma intuïtiva, a major quantitat de moviment major quantitat d'informació diferent a transmetre en el mateix nombre de fotogrames, pel que la pèrdua de paquets farà que el resultat final difereixi majorment que en el cas de tenir una quantitat de moviment moderada.

En quant a la taxa, s'ha comprovat que la tònica general canvia en funció de la referència que s'utilitza a l'hora de processar els vídeos resultat amb el VQM. Si el vídeo de referència és el de la taxa pròpia, la tònica és que els vídeos de menor taxa es comporten millor que els de major taxa. En canvi, si el vídeo de referència és el comú (el de taxa major en tots els casos), els vídeos de major taxa es comporten millor que els de menor taxa.

Al comparar amb la pròpia referència (cada vídeo resultant amb l'original a la mateixa taxa) és lògic que els de menor taxa tinguin un millor comportament donat que, ja inicialment, a menor taxa menor qualitat. En canvi al comparar tots els vídeos resultat amb un de la mateixa taxa (512 Kbps), els de taxes majors es veuen afavorits al assemblar-se més a la referència, ja de partida.

També s'ha observat que un cop traspasat el nivell de MOS acceptable, els valors finals solen ser bastant similars, cosa que indica que hi ha nivells de degradació que són inacceptables sigui quina sigui la referència de processament.

D'altra banda s'ha observat que els percentatges de tall per a les pèrdues de paquets tipus I i de paquets tipus P és molt diferent; en valor relatiu el percentatge I és molt major que el P però en valor absolut el nombre de paquets que representa aquest percentatge enfront al total del flux és molt major en cas de paquets P que de paquets I.

Aquest fet demostra que els paquets I són d'una importància major donat que a igual nombre de paquets perduts (I i P) les conseqüències en la qualitat del vídeo final seran pitjors si les pèrdues han estat I. A més a més, el valor ínfim de paquets I que existeix enfront al valor de paquets P demostra que el contingut d'aquests és d'una riquesa informativa major que la dels paquets P.

També s'ha observat que depenent del contingut el percentatge de paquets I i P canvia substancialment de forma que és major la presència de paquets I seguint aquest ordre:

Alta Quantitat de moviment > Moviment Mig > Moviment Moderat

Aquest resultat pot manifestar la diferència que existeix en taxa de paquets relativa a I i a P en els diferents tipus de continguts.

Les observacions anteriors donen peu al tema que es tractarà a continuació al capítol 4. Donat que en un flux de video-streaming no tots els paquets són iguals, té cabuda realitzar el servei utilitzant dos canals en comptes d'un (un per a paquets I i un altre per a paquets P) els quals tindran necessitats de qualitat diferents. Gràcies a l'ajustament dels paràmetres corresponents a aquestes diferències es pot trobar una millora en quant a paràmetres essencials com el nombre d'usuaris, tot enmarcat en les comunicacions mòbils UMTS.[6]

CAPÍTOL 4. ADAPTACIÓ A UMTS

4.1. Introducció

L'estudi anterior corrobora dues premises fonamentals al present treball. En primer lloc s'ha observat la possibilitat de tractar de forma diferent els paquets que conformen un streaming de vídeo genèric, ja que les necessitats dels paquets I i paquets P són diferents. En segon lloc també s'ha observat que aquestes necessitats són més o menys abruptes en funció del tipus de contingut que s'està transmetent.

Aquest capítol tracta aquestes particularitats del vídeo-streaming sobre UMTS. En primer lloc s'analitza la dependència del nombre d'usuaris per cel·la en el cas de diferenciar en dos canals (un per trames I i un altre per trames P) amb paràmetres com poden ser les diferents E_b/N_0 implicades o les taxes de vídeo per canal. A continuació s'analitza la diferència obtinguda entre diferenciar o no diferenciar en dos canals per a valors concrets, arribant a un resultat final de nombre d'usuaris en ambdues situacions sota les mateixes condicions de partida.

4.2. Càlcul del nombre d'usuaris per a un factor de càrrega determinat

Per tal de realitzar l'adaptació dels resultats obtinguts a UMTS, s'ha decidit basar-se en la formulació sobre aquest tipus de comunicacions mòbils que es pot trobar a la literatura [7]. En particular, el capítol es basarà en la dependència que existeix entre el nombre d'usuaris d'un determinat servei i d'altres paràmetres com poden ser la E_b/N_0 o el factor de càrrega. La caracterització la fem en l'enllaç de baixada per ser el que més limita en el tipus de servei que s'està analitzant.

Es defineix el factor de càrrega com:

$$\eta_{DL} = \sum_{j=1}^N v_j \cdot \frac{(E_b / N_0)_j}{W / R_j} \cdot [(1 - \alpha_j) + i_j] \quad (3.1)$$

Els paràmetres són els següents:

- **N**: Nombre d'usuaris per cel·la.
- **v_j** : Factor d'activitat per usuari
- **E_b/N_0** : Energia del senyal per bit, dividida entre densitat espectral de soroll que cal per aconseguir un nivell de BLER (Block Error Rate).
- **W**: Chip rate WCDMA.
- **R_j** : Bit rate de l'usuari j. Dependrà del servei i de si existeix o no diferenciació del canal.
- **α_j** : Factor d'ortogonalitat mig a la cel·la.
- **i_j** : Valor mig de potència d'una altra cel·la rebuda per l'usuari a la pròpia cel·la.

De l'expressió anterior observem que existeixen només 3 paràmetres variables:

- E_b/N_0 : Que depèn indirectament del percentatge de pèrdues que tolera el canal, tal i com es podrà comprovar més endavant.
- R_j : Depèn directament de la taxa dels paquets al canal
- N : És el nombre d'usuaris a la cel·la.

Establint aquests tres valors obtindriem un factor de càrrega determinat.

Tenim dues situacions a estudiar:

- **Cas 1:** Cas de tràfic de vídeo sobre UMTS sense utilitzar diferenciació de canal
- **Cas 2:** Cas de tràfic de vídeo sobre UMTS utilitzant canals diferents per als paquets de tipus I i de tipus P.

L'enfoc del treball és observar quina és la dependència del nombre d'usuaris (N) que pot suportar una cel·la per a un factor de càrrega en concret, amb d'altres paràmetres com la taxa del servei o la E_b/N_0 .

A continuació es troba el desenvolupament matemàtic que relaciona N amb la resta de paràmetres en els dos casos exposats, desenvolupament que serà punt de partida en els següents estrats d'aquest estudi.

4.2.1. Càlcul de N sense diferenciació

Existeix un únic tipus de canal. Per tant el factor de càrrega serà directament el definit a l'expressió 3.1.

Tenint en compte que tots els usuaris són iguals, arribem a l'expressió :

$$\eta_{DL} = N \cdot v \cdot \frac{E_b / N_0}{W / R} \cdot [(1 - \alpha) + i] \quad (3.2)$$

Aïllant N , obtenim :

$$N = \frac{W / R}{E_b / N_0} \cdot \frac{\eta_{DL} / v}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.3)$$

4.2.2. Càlcul de N en el cas d'utilitzar dos canals

Existeixen dos canals, un per a les trames I i un altre per a les trames P. L'expressió genèrica en aquest cas per al factor de càrrega és:

$$\eta_{DL} = \sum_{j=1}^N v_j \cdot \left[\frac{(E_b / N_0)_{Ij}}{W / R_{Ij}} + \frac{(E_b / N_0)_{Pj}}{W / R_{Pj}} \right] \cdot [(1 - \alpha_j) + i_j] \quad (3.4)$$

S'observa que ambdós canals comparteixen el valor de la majoria dels paràmetres de l'expressió del factor de càrrega, excepte aquells directament relacionats amb el contingut del canal; és a dir, la taxa i la E_b/N_0 .

Anàlogament al cas 1, tenint en compte que els usuaris són iguals, s'arriba a la següent expressió:

$$\eta_{DL} = N \cdot v \cdot \left[\frac{(E_b / N_0)_I}{W / R_I} + \frac{(E_b / N_0)_P}{W / R_P} \right] \cdot [(1 - \alpha) + i] \quad (3.5)$$

Aïllant N:

$$N = \frac{W}{[R_I \cdot (E_b / N_0)_I + R_P \cdot (E_b / N_0)_P]} \cdot \frac{\eta_{DL} / v}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.6)$$

4.3. Estudi de la dependència dels paràmetres en la diferenciació de canals.

Partint de l'equació 3.6 si escollim treure factor comú de $(E_b/N_0)_I$ al denominador, s'obté el següent:

$$N = \frac{W}{(E_b / N_0)_I \cdot [R_I + R_P \cdot \frac{(E_b / N_0)_P}{(E_b / N_0)_I}]} \cdot \frac{\eta_{DL} / v}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.7)$$

Fent servir la següent notació:

$$\Delta(E_b / N_0) = \frac{(E_b / N_0)_P}{(E_b / N_0)_I}$$

S'obté:

$$N = \frac{W}{(E_b / N_0)_I \cdot [R_I + R_P \cdot \Delta(E_b / N_0)]} \cdot \frac{\eta_{DL} / v}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.8)$$

A continuació s'estudia la dependència entre N i $\Delta(E_b/N_0)$ per a valors concrets de $(E_b/N_0)_i$.

Els valors de la resta de paràmetres són els següents :

- v_j : El factor d'activitat depèn directament del tipus d'activitat que es tracta. En el cas de streaming suposarem que el factor d'activitat és 1 (activitat continua, tenint en compte que ens trobem al downlink).
- W : Pren el valor de 3,84 Mcps
- α_j : Suposarem que ens trobem en el cas ITU Vehicular A Channel : 50%.
- i_j : En macro cel·la amb antenes omnidireccionals és d'un 55%, valor que utilitzarem en aquest desenvolupament.
- η_{DL} : fixat a 0,5

En quant al bit rate, tal i com s'observa a l'expressió 3.8, queda desglossat en dos, R_i i R_p , en funció del canal que es tracti.

L'expressió de la taxa per a cada contingut vindrà donada per dues expressions :

$$R_i = R_t \cdot P_i \text{ (Canal 1} \rightarrow \text{Trames I)} \quad (3.9)$$

$$R_p = R_t \cdot P_p \text{ (Canal 2} \rightarrow \text{Trames P)} \quad (3.10)$$

On P_i no és més que el percentatge de bytes corresponents a paquets I trobat experimentalment per a un determinat contingut (anàlogament P_p) i R_t es la taxa de vídeo original a nivell IP (64 Kbps, 128 Kbps, 256 Kbps o 512 Kbps).

Els percentatges mitjans de paquets I i P trobats experimentalment segons el contingut són els mostrats a la taula 4.1.

Taula 4.1. Percentatge de paquets I i P segons el contingut

Tipus de contingut	% I	% P
Moviment Moderat	3,65	96,35
Moviment Mitg	4,52	95,48
Alta quantitat de Moviment	6,55	93,45

Tenint en compte que el valor mig en bytes d'un paquet I és de 1200 bytes i el d'un paquet P és de 400 bytes, resulten els percentatges pels quals es multiplicarà la taxa de canal.

Taula 4.2. Percentatge (tant per 1) de bytes corresponents a paquets I i P segons el contingut

Tipus de contingut	P_i	P_p
Moviment Moderat	0,10205033	0,89794967
Moviment Mitg	0,12435803	0,87564197
Alta quantitat de Moviment	0,17374005	0,82625995

Aplicant aquests valors percentuals a les diferents taxes R_t segons **3.9** i **3.10** trobarem els valors de taxa de canal R_i i R_p . Les taules 4.3, 4.4 i 4.5 mostren els valors d'aquest càlcul per a tots els continguts, per a totes les taxes font.

Taula 4.3. Valors taxes de canal per a contingut de moviment moderat

Taxa de vídeo	R_i (Kbps)	R_p (Kbps)
$R_{v1} = 64$ Kbps	6,53122112	57,4687791
$R_{v2} = 128$ Kbps	13,0624422	114,937558
$R_{v3} = 256$ Kbps	26,1248845	229,875116
$R_{v4} = 512$ Kbps	52,249769	459,750233

Taula 4.4. Valors taxes de canal per a contingut de moviment mig

Taxa de vídeo	R_i (Kbps)	R_p (Kbps)
$R_t = 64$ Kbps	7,95891392	56,0410858
$R_t = 128$ Kbps	15,9178278	112,082172
$R_t = 256$ Kbps	31,8356557	224,164343
$R_t = 512$ Kbps	63,6713114	448,328687

Taula 4.5. Valors taxes de canal per a contingut d'alta quantitat de moviment

Taxa de vídeo	R_i (Kbps)	R_p (Kbps)
$R_t = 64$ Kbps	11,1193632	52,8806366
$R_t = 128$ Kbps	22,2387264	105,761273
$R_t = 256$ Kbps	44,4774528	211,522546
$R_t = 512$ Kbps	88,9549056	423,045093

Recordant l'expressió **3.6**, pot ser rescrita de la següent forma:

$$N = \frac{K}{(E_b / N_0)_i \cdot [R_i + R_p \cdot \Delta(E_b / N_0)]} \quad (3.11)$$

On K és una constant definida pels següents paràmetres:

$$K = W \cdot \frac{\eta_{DL} / v}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.12)$$

Substituint els valors pels especificats a l'inici d'aquest apartat s'arriba a un valor de $K = 1,83 \cdot 10^6$.

Aíxí els únics valors que queden per donar a l'expressió 3.6, o a la seva equivalent 3.12, són els valors de les taxes per tal de poder establir gràficament una relació entre el nombre d'usuaris N i $\Delta(E_b/N_0)$ per a valors de $(E_b/N_0)_i$ fixats.

4.3.1. Cas de continguts de moviment moderat

Les següents figures mostren aquesta dependència, per a les diferents taxes trobades a les taules 4.3, 4.4 i 4.5, pels diferents tipus de continguts.

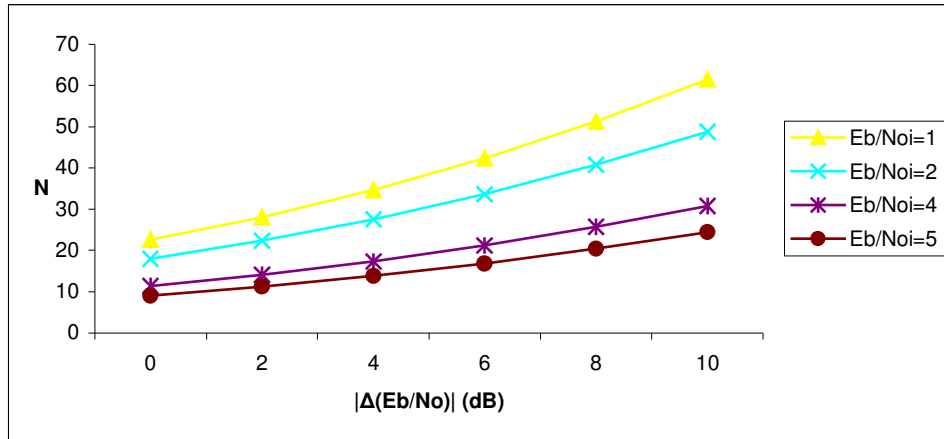


Fig. 4.1. $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 64 Kbps, moviment moderat

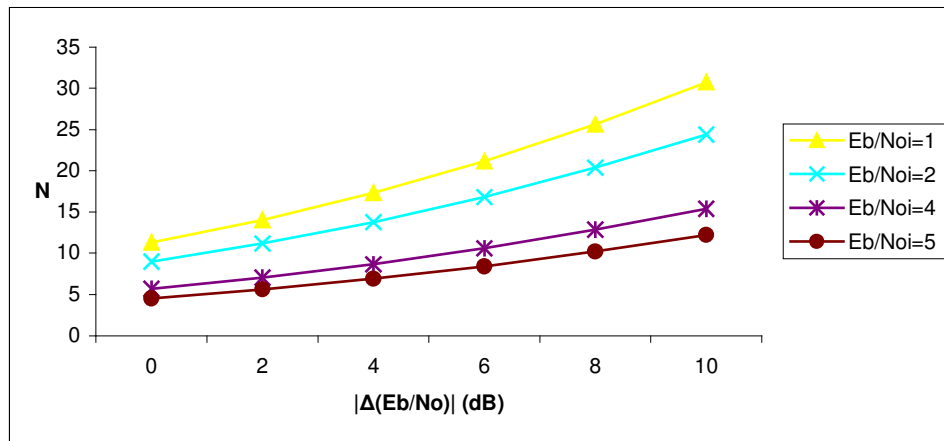


Fig. 4.2. $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 128 Kbps, moviment moderat

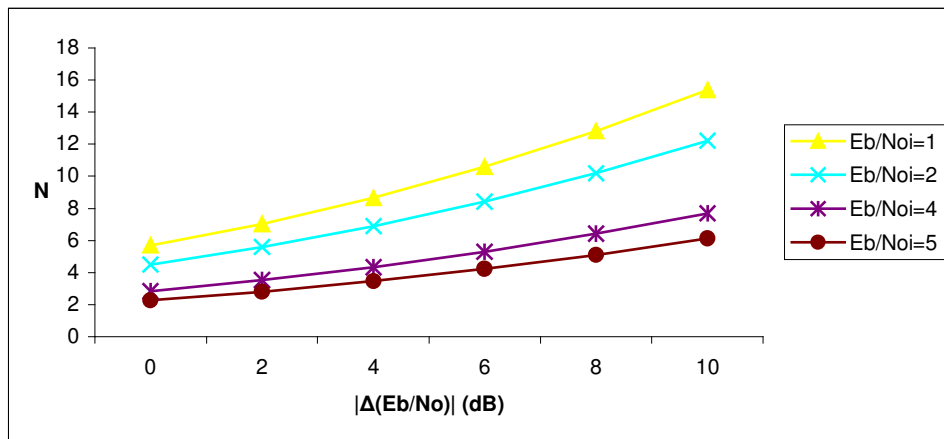


Fig. 4.3. $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 256 Kbps, moviment moderat

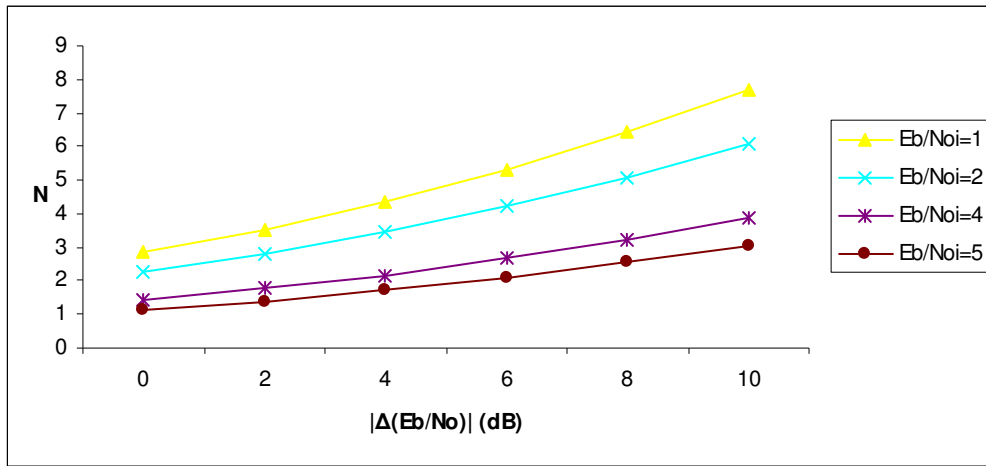


Fig. 4.4. $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 512 Kbps, moviment moderat

4.3.2. Cas de continguts de moviment mig

4.3.3. Cas de continguts d'alta quantitat de moviment

Les figures representades anàlogament al subapartat 4.3.1. en el cas de continguts amb alta i mitjana quantitat de moviment, es troben a l'**annex II**.

4.3.4. Comparació en tant per cent dels resultats

Per tal de comparar tots els resultats anteriors referents al nombre d'usuaris N en funció de l'augment de $\Delta(E_b/N_0)$ amb el cas d'un sol canal, s'ha normalitzat el nombre d'usuaris al següent valor:

$$M = \frac{K}{(E_b / N_0)_I \cdot [R_I + R_P]} \quad (3.13)$$

on $M = N[\Delta(E_b/N_0) = 0 \text{ dB}]$ (cas sense diferenciació de canals).

Observem doncs que el càlcul del valor normalitzat N' es pot expressar com:

$$N' = \frac{N}{M} = \frac{\frac{K}{(E_b / N_0)_I \cdot [R_I + R_P \cdot \Delta(E_b / N_0)]}}{\frac{K}{(E_b / N_0)_I \cdot [R_I + R_P]}} \quad (3.14)$$

D'on resulta:

$$N' = \frac{R_I + R_P}{R_I + R_P \cdot \Delta(E_b / N_0)} \quad (3.15)$$

Per tant, observem que l'evolució del rati d'usuaris en funció dels usuaris en cas d'un sol canal és independent del valor de $(E_b/N_0)_i$ i és funció de les taxes de canal. Tenint en compte que aquestes taxes en cas de tractar-se del mateix contingut són proporcionals, obtenim que existeix una única possible corba a representar per a cada tipus de contingut, amb el que obtenim un total de tres corbes.

La següent figura mostra els resultats obtinguts fent servir la normalització descrita, realitzant el càlcul en tant per cent.

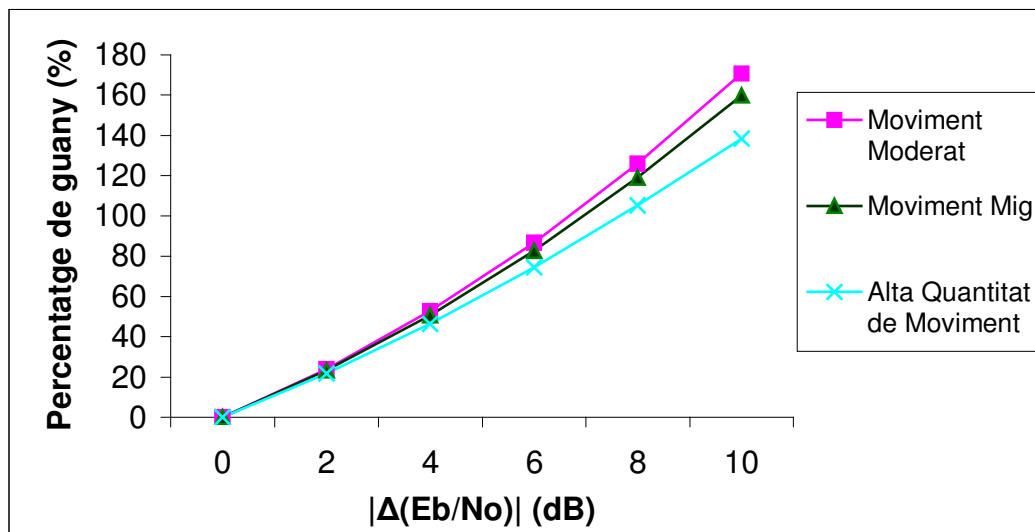


Fig. 4.5. Guany en tant per cent amb l'augment de $\Delta(E_b/N_0)$, pels diferents tipus de contingut

4.3.5. Dependència amb la diferència de taxes de canal

Tal i com s'observa als gràfics dels punts anteriors, així com als resultats experimentals, existeix una notable diferència en el percentatge de paquets tipus I i tipus P en funció del tipus de contingut del vídeo. Aquesta diferència de percentatge dona lloc a una consegüent diferència en les taxes de canal I i P.

A continuació s'ha expressat el nombre d'usuaris N en funció de la relació entre les dues taxes de canal R_I/R_P .

Partint de l'expressió 3.11, podem expressar N de la següent forma, fent factor comú de R_P .

$$N = \frac{K}{(E_b / N_0)_i \cdot R_p \cdot \left[\frac{R_i}{R_p} + \Delta(E_b / N_0) \right]} \quad (3.16)$$

Per representar la figura 4.6 s'ha fixat el valor de $(E_b/N_0)_i$ a 3 dB, i la taxa R_p a un valor genèric de 120 Kbps. A continuació s'han anat variant els valors del quocient R_i/R_p . Des d'un valor inicial de R_p 10 vegades major a R_i , fins a la seva equiparació.

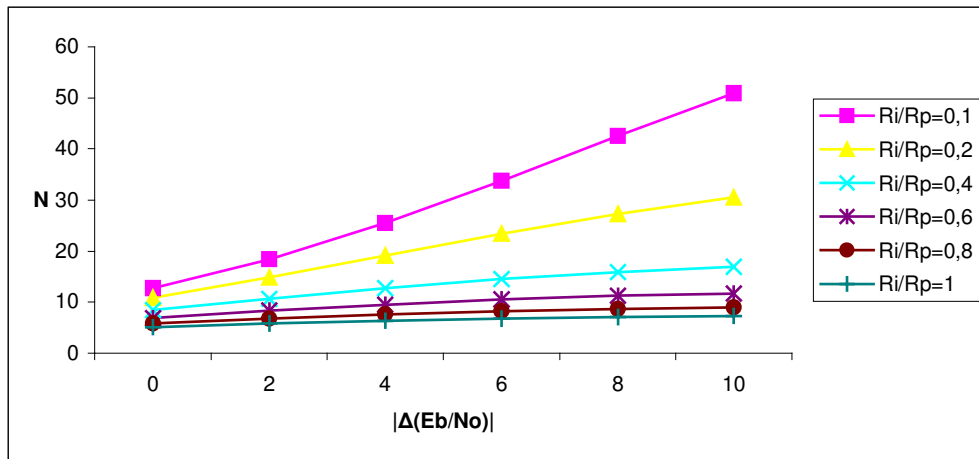


Fig. 4.6. $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat a 3 dB, per a variacions de R_i/R_p .

4.3.6. Observacions

De les figures extretes als apartats anteriors s'extreu una idea clara de que existeix una diferència a l'hora de diferenciar canals o no fer-ho, i que el nombre d'usuaris depèn clarament de la diferència dels valors de E_b/N_0 i de les taxes dels dos canals.

En les primeres s'observa com, per a totes les taxes i tots els continguts, existeix una regió de $\Delta(E_b/N_0)$ en la que el nombre d'usuaris creix a mesura que aquesta diferència entre canals també ho fa.

De l'anàlisi en funció de la relació de taxes s'extreu també que major nombre d'usuaris a major diferència entre les taxes dels dos canals.

4.4. Anàlisi per a valors de E_b/N_0 concrets.

El següent apartat tracta de trobar valors numèrics del nombre d'usuaris en els dos casos especificats: un sol canal o diferenciant canals (un per a paquets P i un altre per a paquets P).

Partint de la formulació desenvolupada al llarg de tot el capítol, es pot observar que l'únic paràmetre al qual no se li ha donat un valor és el de les diferents E_b/N_0 .

Per tal de trobar aquests valors, s'han utilitzat uns resultats experimentals [8] gràfics que relacionen la E_b/N_0 amb el BLER. L'interès fonamental és relacionar el BLER amb els propis percentatges de pèrdua de paquets I i P que s'han desenvolupat al treball, pels quals la qualitat passava a ser inacceptable ($MOS < 3$) (probabilitat de pèrdua de paquet límit).

4.4.1. Dependència entre la probabilitat de pèrdua de paquet i el BLER

Per tal de realitzar el càlcul de la probabilitat de perdre un paquet a UMTS, s'utilitzarà el valor de BLER dels blocs ràdio.

Tenint en compte que un paquet de vídeo es de **M** bytes, i que un bloc ràdio és de **N** bytes, podem concloure que un paquet consta de **M/N** blocs ràdio.

Suposant que el servei portador de UMTS per la transferència de vídeo estigui utilitzant el mode ACK de la capa RLC (Radio Link Control), un paquet de nivell de xarxa (i.e. el paquet IP amb informació de vídeo en el nostre cas) és perd en funció de les següents premises:

- Si és perd tan sols 1 dels M/N blocs que conformen el paquet, aquest es perd en la seva totalitat.
- Cada bloc ràdio es pot arribar a retransmetre fins a un total de **K** vegades abans de descartar-lo definitivament

Així la probabilitat de perdre un paquet és :

$$P_{\text{pèrdua}}(1\text{paquet}) = P_{\text{pèrdua}}(1\text{bloc}) + P_{\text{pèrdua}}(2\text{blocs}) + \dots + P_{\text{pèrdua}}\left(\frac{M}{N}\text{blocs}\right) \quad (3.17)$$

Per tant, fent servir la propietat de la probabilitat complementària :

$$P_{\text{pèrdua}}(1\text{paquet}) = 1 - P_{\text{pèrdua}}(0\text{blocs}) \quad (3.18)$$

Per la primera premisa, la probabilitat de no perdre cap bloc és igual a la probabilitat de no perdre el primer, per la probabilitat de no perdre el segon... per la probabilitat de no perdre el M/N-èssim. Tenint en compte que aquestes probabilitats són iguals per a tots els blocs s'obté :

$$P_{\text{pèrdua}}(0\text{blocs}) = P_{\text{no_pèrdua}}(1\text{bloc})^{M/N} \quad (3.19)$$

Per la segona premisa, un bloc es perd si fallen totes **K** retransmissions. Per tant la probabilitat de perdre un bloc és:

$$P_{pèrdua}(1bloc) = BLER^K \quad (3.20)$$

Fent servir de nou la propietat de la probabilitat complementària :

$$P_{no_pèrdua}(1bloc) = 1 - P_{pèrdua}(1bloc) = 1 - BLER^K \quad (3.21)$$

Substituint (3.21) en (3.19):

$$P_{pèrdua}(0blocs) = (1 - BLER^K)^{M/N} \quad (3.22)$$

I finalment, substituïnt (3.22) a (3.18):

$$P_{pèrdua}(1paquet) = 1 - (1 - BLER^K)^{M/N} \quad (3.23)$$

D'aquesta forma s'obté una relació directa entre el BLER i els valors de pèrdua de paquet trobats experimentalment, el que significa que per a un determinat valor de probabilitat de pèrdua de paquet es podrà establir la E_b/N_0 que el canal requereix.

4.4.2. Càlcul del nombre d'usuaris per a un sol canal

Tal i com s'ha desenvolupat amb anterioritat en aquest capítol, l'expressió per al nombre d'usuaris per cel·la en UMTS en el cas d'utilitzar un únic canal és:

$$N = \frac{W / R_c}{E_b / N_0} \cdot \frac{\eta_{DL} / \nu}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.24)$$

De la que utilitzant la següent notació :

$$K = W \cdot \frac{\eta_{DL} / \nu}{[(1 - \alpha) + i]} \quad (3.25)$$

Obtenim, on K pren el valor de $1,83 \cdot 10^6$.

$$N = \frac{K / R_c}{E_b / N_0} \quad (3.26)$$

En aquest cas el valor de R serà en cada cas el de la taxa de vídeo. Els càlculs s'han realitzat per una única taxa font, $R_c = 128$ Kbps.

Els diferents valors de E_b/N_0 vindran donats del percentatge màxim de pèrdues que pot aguantar el canal sense degradar-se per sota d'un llindar establert.

Com hem vist en els resultats experimentals, aquest valor és diferent segons el tipus de contingut.

Al capítol 3 s'ha comprovat que a igual pèrdua de paquets I que de paquets P el resultat en la qualitat és una degradació molt major si es tracta de paquets I.

La taula 4.6 mostra en resum els valors trobats per a 128 Kbps.

Taula 4.6. Valors absoluts de pèrdues I i P, en el cas de taxa 128 Kbps

Taxa de vídeo	Paquets I Sobre total	Paquets P Sobre total
Moviment moderat	5,75%	16,17%
Moviment Mitg	3,77%	8,55%
Alta quantitat de Moviment	1,89%	9,44%

Així observem que, per exemple en el primer tipus de contingut, en el pitjor dels casos si perdem el 5,62% dels paquets i tots són I la qualitat és inacceptable, i en el millor dels casos (que perdèssim tot paquets P) podríem arribar al 16,84%. És a dir, que el valor de la probabilitat de pèrdua es troba comprès entre un mínim (el % paquets I sobre total) i un màxim (el % paquets P sobre total).

Així, podem arribar a un valor promig assignant a aquest mínim i màxim el pes dels paquets I i P en cada cas, de forma que obtindriem els següents resultats.

Taula 4.7. Probabilitat de pèrdua segons tipus de contingut, per a 128 Kbps de vídeo font, comparació referència pròpia, criteri promig.

Tipus de contingut	Probabilitat de pèrdua
Moviment Moderat	15,78967%
Moviment Mitg	8,333944%
Alta quantitat de Moviment	8,945475%

Utilitzant aquest criteri però, cabria la possibilitat de que la degradació de la qualitat fos molt major a l'esperada si el nombre de paquets I descartats fos major al valor implicat en aquest càlcul. Aquest és un dels avantatges de diferenciar en dos canals, ja que d'aquesta forma s'està segur del tipus de paquet que hi ha a cada canal i per tant no hi ha perill de sobrepassar el percentatge de pèrdua de paquet de cap dels dos tipus ni de la seva consegüent degradació.

Degut a això últim, s'ha decidit prendre com a probabilitat de pèrdua de paquet el valor més restrictiu, per tal d'assegurar que en cap cas es superarà el percentatge de pèrdues de paquets I del flux de vídeo.

Així, a la taula 4.8 tenim els valors d'aquesta probabilitat utilitzant el criteri número 2, més restrictiu.

Taula 4.8. Probabilitat de pèrdua segons tipus de contingut, per a 128 Kbps de vídeo font, comparació referència pròpia, criteri restrictiu.

Tipus de contingut	Probabilitat de pèrdua
Moviment Moderat	5,75%
Moviment Mitg	3,77%
Alta quantitat de Moviment	1,89%

Gràcies a aquests valors s'ha trobat el BLER. Partint de (3.23):

$$(1 - BLER^K)^{M/N} = 1 - P_{\text{pèrdua}}(1 \text{ paquet})$$

$$BLER^K = 1 - (1 - P_{\text{pèrdua}}(1 \text{ paquet}))^{N/M}$$

$$BLER = \sqrt[N]{1 - (1 - P_{\text{pèrdua}}(1 \text{ paquet}))^{N/M}} \quad (3.27)$$

M és el valor promig de longitud de paquet. En el cas de no diferenciar paquets, és el valor promig entre els paquets tipus I i paquets tipus P. El valor promig de longitud d'un paquet tipus I és de 1200 bytes y el de un paquet tipus P és de 400 bytes. El valor utilitzat com a promig serà de 440 bytes, tenint en compte que la proporció de paquets P és molt major a la de paquets I.

El valor de N, corresponent a la longitud dels blocs ràdio, és de 40 bytes, basant-se en resultats extrets a publicacions [8] [9].

Amb els valors del BLER s'han extret els corresponents valors de E_b/N_0 gràcies als resultats extrets de la publicació referenciada a [8]. Les figures 4.7 i 4.8 mostren aquesta dependència.

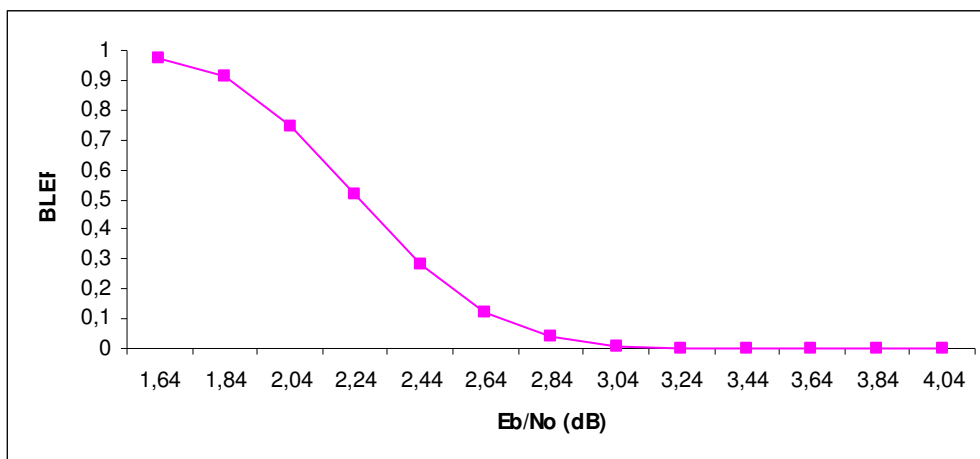


Fig. 4.7. BLER en funció de E_b/N_0 , per a usuaris mòbils a 3 Km/h [8]

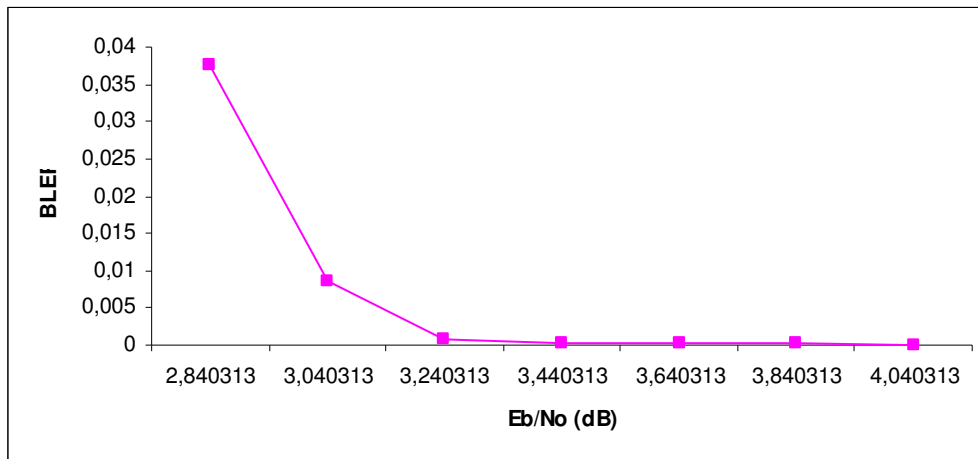


Fig. 4.8. Zoom de BLER en funció de E_b/N_0 , per a usuaris mòbils a 3 Km/h [8]

Aplicant tots aquests valors a l'expressió 3.26, s'arriba al següent nombre d'usuaris per tipus de contingut.

Taula 4.9. Nombre d'usuaris per tipus de contingut, cas 1 canal

Tipus de contingut	N
Moviment Moderat	8,373848931
Moviment Mitg	8,224773975
Alta quantitat de Moviment	8,033991373

4.4.3. Càlcul del nombre d'usuaris per a canals diferenciats.

El càlcul del nombre d'usuaris suportats en el cas d'utilitzar dos canals és totalment anàleg al mostrar al llarg del desenvolupament anterior, però partint de l'expressió:

$$N = \frac{K}{[R_I \cdot (E_b / N_0)_I + R_P \cdot (E_b / N_0)_P]} \quad (3.28)$$

Els valors de les taxes decanal utilitzats són aquells desenvolupats al capítol per a taxes font de 128 Kbps, presentats a mode de resum a la taula 4.10.

Taula 4.10. Valors de velocitat de canal segons tipus de contingut (taxa font 128 Kbps)

Tipus de contingut	R_I (Kbps)	R_P (Kbps)
Moviment moderat	13,0624422	114,937558
Moviment mig	15,9178278	112,082172
Alta quantitat de moviment	22,2387264	105,761273

En quant als valors de probabilitat de pèrdua de paquets I i P utilitzat per el posterior càlcul del BLER i de E_b/N_0 , són els exposats al capítol 3 per a taxes font de 128 Kbps, resumits a les taules 4.11 i 4.12.

Taula 4.11. Valors de la probabilitat de pèrdua de paquet, canal I

Tipus de contingut	Probabilitat de pèrdua
Moviment Moderat	87,77%
Moviment Mitg	83,4%
Alta quantitat de Moviment	51,7%

Taula 4.12. Valors de la probabilitat de pèrdua de paquet, canal P

Tipus de contingut	Probabilitat de pèrdua
Moviment Moderat	17,3%
Moviment Mitg	9,8%
Alta quantitat de Moviment	8,95%

Aplicant tots aquests valors a l'expressió 3.28, s'arriba al següent nombre d'usuaris per tipus de contingut.

Taula 4.13. Nombre d'usuaris per tipus de contingut, cas 2 canals

Tipus de contingut	N
Moviment Moderat	9,74882479
Moviment Mitg	9,36626154
Alta quantitat de Moviment	9,41010797

4.4.4. Observacions.

Dels resultats s'extreuen dues premises. En primer lloc, sigui quin sigui el nombre de canals utilitzat, existeix una major cabuda d'usuaris en la transmissió de vídeos de moviment moderat que de moviment mig, i a la seva vegada una major cabuda d'aquests enfront a vídeos d'alta quantitat de moviment.

D'altra banda es reflexa que, sota les mateixes condicions (mateix MOS resultant, mateixa taxa font, mateix factor de càrrega resultant), s'obté una millora en el nombre d'usuaris per cel·la per fet de diferenciar en dos canals i dotar-los de les seves necessitats respectives, tal i com es mostra a la figura 4.9.

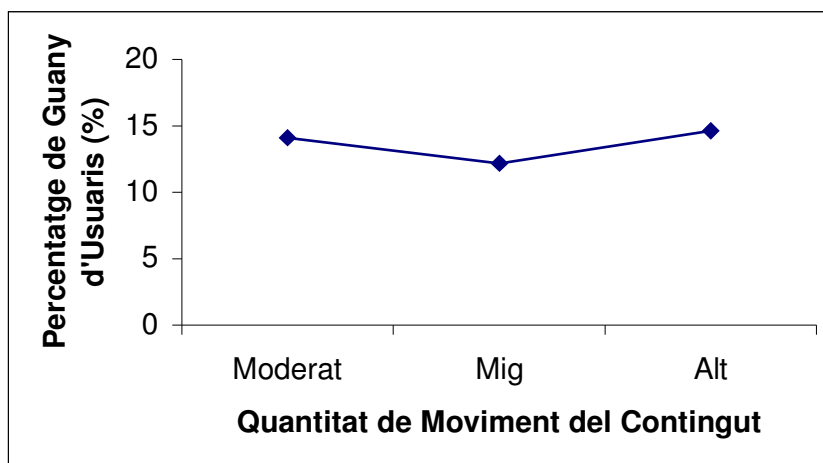


Fig. 4.9. Percentatge de millora 1 canal vs. 2 canals

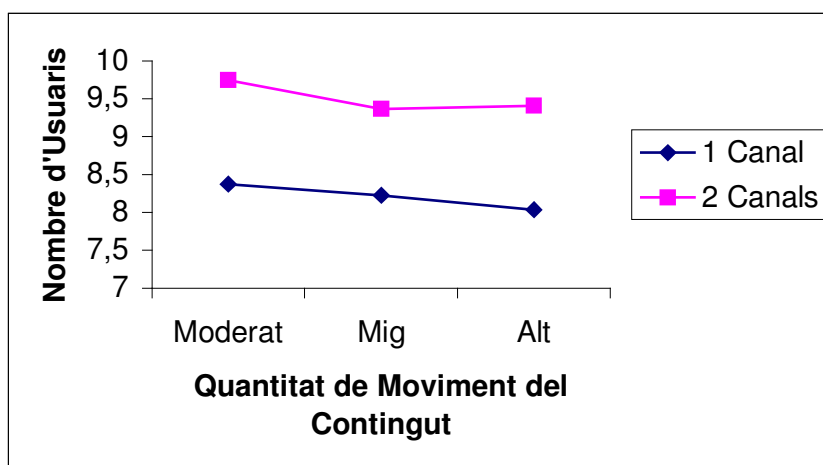


Fig. 4.10. Comparació nombre d'usuaris 1 canal vs. 2 canals

Si prenguèssim un valor de factor d'ortogonalitat mig a la cel·la d'un 90%, el valor de K resultaria 2,96M; el nombre d'usuaris corresponents es troba reflexat a la figura 4.11.

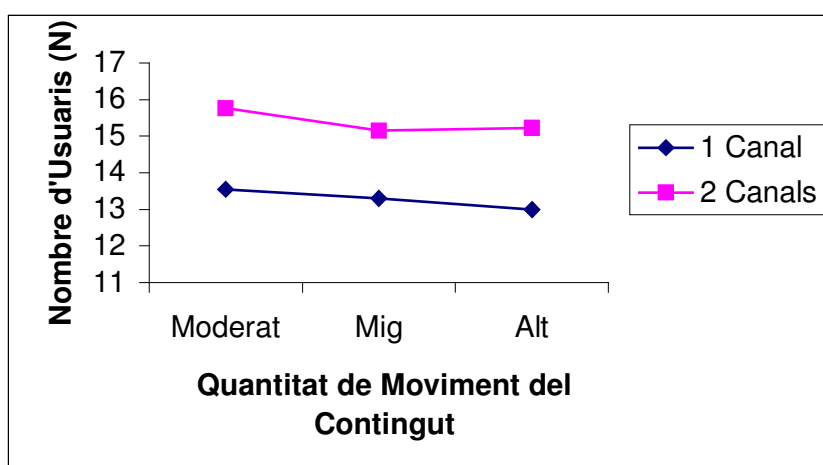


Fig. 4.11. Comparació nombre d'usuaris 1 canal vs. 2 canals, $\alpha = 90\%$

Per acabar, comentar que també s'han trobat els resultats seguint el criteri promig de la probabilitat de pèrdua de paquet en el cas d'un canal, en el qual s'han obtingut resultats que mostren que la diferenciació aporta un guany, però que en aquest cas, al no ser tan restrictiu, no és tan notable com utilitzant el criteri que ens ocupa.

CONCLUSIONS

Aquest treball s'ha dividit clarament en dues tasques, una de caire experimental i d'estudi de resultats sobre el comportament d'un servei de video-streaming i un altre de caire teòric per demostrar com un tractament diferenciat de la informació transmesa en una sessió de vídeo pot aprofitar-se per millorar l'ús de recursos en una xarxa UMTS.

En quant a la primera de les tasques es pot afirmar que s'ha assolit l'objectiu previst: s'han revisat i après tot tipus de conceptes relacionats amb serveis multimèdia sobre xarxes i s'ha caracteritzat el tràfic del servei de streaming per als paràmetres desitjats.

Gràcies a la definició dels escenaris, s'han realitzat un seguit de proves especificades amb la fita clara i concisa d'estudiar els efectes en quant a la qualitat de vídeo final de modificar els paràmetres associats a les trames I i P que conformen un flux de vídeo de forma diferencial.

L'enfoc que se li ha donat al tema ha estat el d'estudiar quin era l'efecte de la pèrdua de paquets I i de la pèrdua de paquets P per a diferents combinacions en el paràmetre de qualitat MOS introduït per l'eina VQM.

Les conclusions extretes d'aquests resultats experimentals, que es troben detallades a mesura que s'han anat exposant les figures, són les següents.

En primer lloc les conclusions derivades de la variació de paràmetres relacionats directament amb el vídeo font.

El tràfic de vídeo es comporta de forma diferent en funció de la quantitat de moviment del contingut del vídeo que s'està transportant. Així, es pot afirmar que a major quantitat de moviment, menor tolerància a les pèrdues de canal.

En quant a les taxes de codificació, no existeix una diferència en termes absoluts que relacioni el tenir una taxa menor o major amb un millor o pitjor comportament davant de les pèrdues. Es pot afirmar que depèn del vídeo de referència que s'utilitzi al realitzar la comparació per tal de trobar un índex de qualitat.

- Si s'utilitza un vídeo d'alta taxa com a referència per a tots els vídeos (referència comú), tinguin la taxa que tinguin, a igual nombre de pèrdues tindran millor índex de qualitat els vídeos de taxes majors (s'assemblen més a la referència).
- En canvi, si s'utilitzen vídeos de referència amb les mateixes taxes que els vídeos processats (referència pròpia), a igual nombre de pèrdues tindran millor índex de qualitat els vídeos de taxes menors.

En quant als paquets I i P, destacar que la proporció d'uns i altres varia en funció de la quantitat de moviment del contingut a transmetre però no varia en

funció de la taxa de vídeo font. A major quantitat de moviment en el vídeo existeix un major nombre de paquets I.

També destacar els següents punts:

- Les pèrdues de paquets de tipus I afecten més negativament als continguts amb alta quantitat de moviment (relació directa amb la major proporció d'aquests) que les pèrdues de paquets de tipus P, tot i que totes les pèrdues en general afecten més negativament a major quantitat de moviment.
- Un cop superat el llindar a partir del qual la qualitat no és acceptable, totes les corbes tendeixen a valors similars sigui quina sigui la taxa o el vídeo de referència.
- En les proves amb pèrdues combinades I i P s'observa que a major increment de pèrdues I per al mateix nombre de pèrdues P, les diferències són petites, però perfilen els resultats. Es tendeix a tenir pitjors mínims absoluts en quant a MOS i a anar obtenint valors del percentatge de tall de pèrdua P més baixos. Cal tenir en compte que el valor màxim de percentatge de pèrdues I pel qual s'han realitzat proves de pèrdues combinades és del 20%.

En quant a l'efecte de les pèrdues I i P, es pot concloure que afecten a la qualitat final de forma diferent.

- En valors relatius, el valor del percentatge de pèrdua de paquets P per obtenir una qualitat inacceptable és menor que el valor del percentatge de pèrdua de paquets I per assolir la mateixa fita.
- En valors absoluts, donat que el nombre de paquets I que conformen el flux de vídeo és molt menor que el nombre de paquets P, la pèrdua d'un cert percentatge de paquets sobre el total que siguin tots I degrada molt més la qualitat que la pèrdua del mateix percentatge de paquets sobre el total que siguin tots P.

Aquests resultats justifiquen la idea de la diferenciació en dos canals on poder garantir el BLER necessari per a cada tipus de trama.

De la segona part, cal destacar diverses observacions. De l'estudi teòric es desprèn en primer lloc que a l'utilitzar dos canals diferenciant en funció del tipus de trama es pot aconseguir un guany en funció de diferències entre els seus paràmetres. Així, existeix una regió per a la qual a l'augmentar la diferència de nivell en dBs de les E_b/N_0 dels dos canals, el nombre d'usuaris que tenen cabuda sense degradar la qualitat també augmenta.

També s'ha observat que la diferència entre les taxes d'ambdós canals també afavoreix l'increment del nombre d'usuaris.

En quant als resultats obtinguts numèricament a partir del desenvolupament de la formulació, destacar que sí existeix un guany al diferenciar respecte al no diferenciar, que es troba lligat al percentatge de pèrdues que es tolera en cada cas. Així, en el cas d'un sol canal no podem assegurar de quin tipus seran els

paquets que es perdran, pel que cal ser més restrictiu per tal d'evitar la pèrdua massiva de paquets I. En canvi, en la diferenciació de canals, podem aplicar uns valors molt menys restrictius ja que es pot controlar exactament el percentatge de paquets I que es perdran, al tenir un canal dedicat.

D'aquesta forma s'aconsegueix que al disminuir la E_b/N_0 global del cas amb dos canals, augmenti considerablement el nombre d'usuaris respecte al cas amb un sol canal.

Respecte al procediment per extreure dades i processar resultats, comentar que es tracta d'un procediment molt sensible a errors, del qual és complicat extreure resultats concrets. Seria interessant realitzar un major nombre de proves similars a les exposades en aquest treball per tal d'obtenir valors més estables.

Com a línies futures, resultaria interessant provar els patrons de tràfic definits experimentalment amb algun software emulador de UMTS per tal de corroborar experimentalment que existeix una millora al diferenciar canals. També seria interessant tenir en compte d'altres aspectes del streaming, com podrien ser l'àudio o trames del flux de vídeo que no s'han tingut en compte en aquest treball.

Finalment, destacar en quant als aspectes ambientals que aquest projecte no donava peu a cap tipus de maltracte medioambiental que tenir en compte i que s'ha apostat pel desenvolupament sostenible dintre del possible, utilitzant eines freeware, reduïnt així el cost de recursos.

BIBLIOGRAFIA

- [1] ETSI, < <http://www.etsi.org/>>
- [2] ITU, International Telecommunication Union, < <http://www.itu.int/home/>>
- [3] ISO / IEC 14496. International Standar. "Coding of Audio-Visual objects".
- [4] 3GPP, A Global Initiative, < <http://www.3gpp.org/>>
- [5] VQM, Video Quality Metrics - web oficial, < <http://www.its.bldrdoc.gov/n3/video/lab.htm>>
- [6] Qian Shang, Wenwu SHU, Ya-Quin Shang, *End-to-End QoS for Video Delivery Over Wireless Internet* (Enero 2005).
- [7] Holma, Harri / Toskala, Antti, *WCDMA for UMTS .Radio Access for Third Generation Mobile Communications*.
- [8] Olmos, J.J.; Ruiz, S.; "Transport block error rates for UTRA-FDD downlink with transmission diversity and turbo coding", PIMRC (2002)
- [9] The 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2002. Volume 1, 15-18 Sept. 2002 Page(s):31 - 35



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANNEX I

TÍTOL: Optimització de serveis portadors UMTS per transport de streaming

TITULACIÓ: Enginyeria de Telecomunicació (segon cicle)

AUTOR: Josep Lluís Artigas Rodríguez

DIRECTOR: Ramon Ferrús i Ferrer

DATA: 24 de febrer de 2006

ANNEX I

I.1. Comparació amb referència pròpia

I.1.1. Pèrdues de paquets tipus P

I.1.1.1. Continguts amb quantitat de moviment mitjana

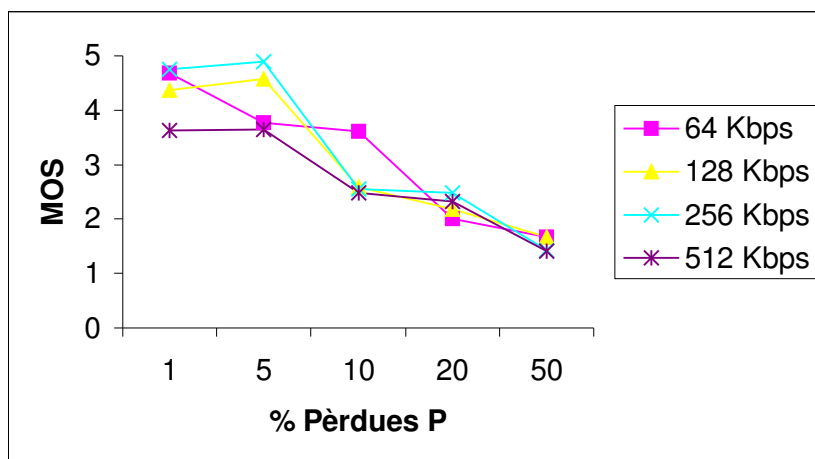


Fig. I.1. Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus P, cas moviment mitjà, referència pròpia

La figura I.1 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus I, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment mitjana.

S'observa que la tònica del MOS és molt similar per a les quatre taxes, amb molt poques diferències finals, tot i que lleugerament:

$$64 \text{ Kbps} > 128 \text{ Kbps} > 256 \text{ Kbps} > 512 \text{ Kbps}$$

La taula I.1 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3.

Taula I.1. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues P, moviment mitjà.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	13,79%
128 Kbps	9,8%
256 Kbps	9,03%
512 Kbps	7,8%

1.1.1.2. Continguts amb alta quantitat de moviment

La figura I.2 mostra l'evolució del MOS de forma anàloga als casos anteriors.

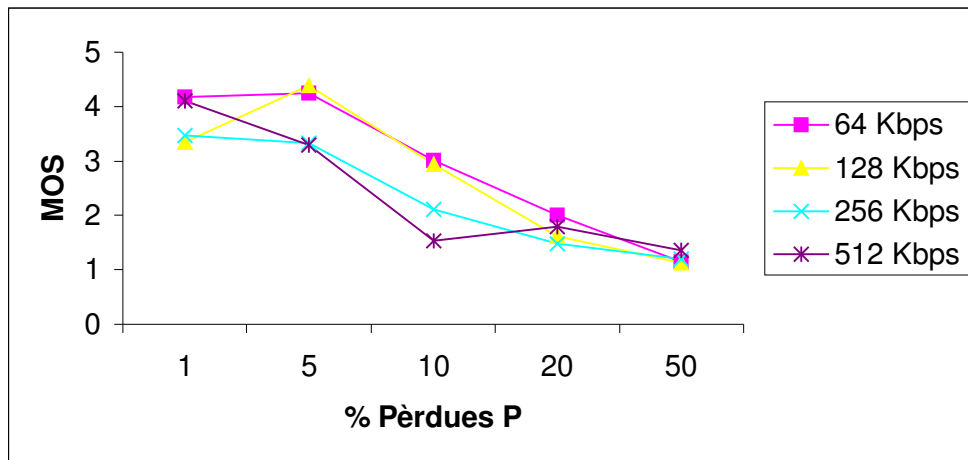


Fig. I.2 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus P, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

La tònica que s'observa és similar en tots els casos, sense grans diferències finals.

La taula I.2 mostra el percentatges de forma anàloga als casos anteriors.

Taula I.2. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues P, alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	10,1%
128 Kbps	8,95%
256 Kbps	6,35%
512 Kbps	5,85%

I.1.2. Pèrdues combinades

1.1.2.1. Continguts amb quantitat de moviment mitjana

La figura I.3 mostra l'evolució del MOS en funció de les 20 proves especificades a la taula I.3.

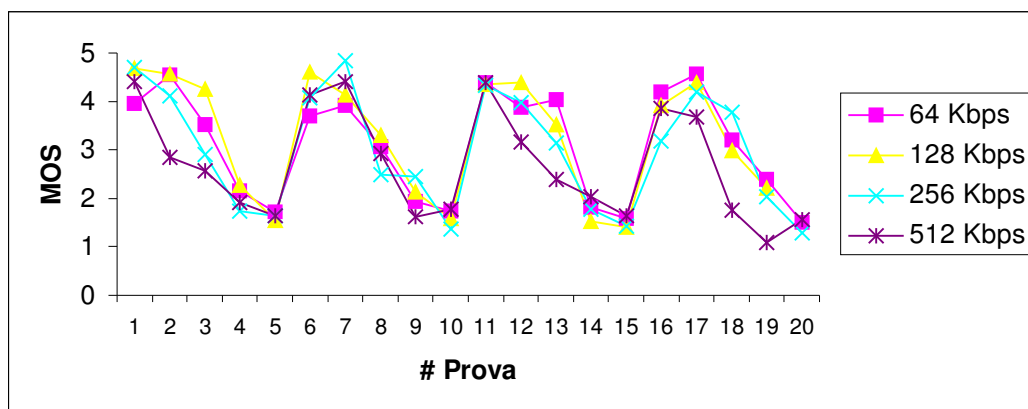


Fig. I.3 Evolució del MOS per les diferents proves, cas moviment moderat, referència pròpia.

De nou, s'ha dividit la figura en 4 regions, en las que el percentatge de pèrdues I es troba fixat (a 1,5,10 i 20% respectivament).

Cas Pèrdues I a 1%

La figura I.4 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 1-5, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 1%.

S'observa que els valors finals són molt propers entre ells, tot i que com a tònica general en gran part dels trams, els vídeos de taxes menors (64, 128) tenen una millor resposta a la degradació.

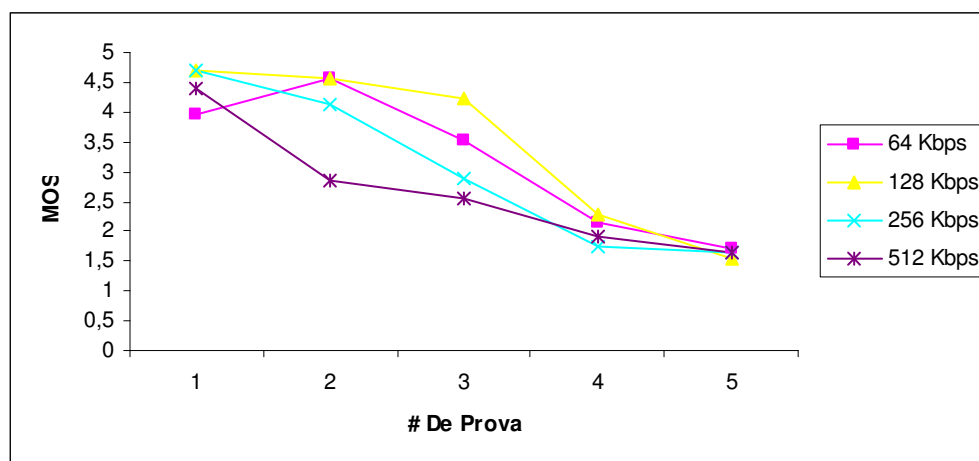


Fig. I.4 Evolució del MOS per les proves 1-5, cas moviment mitjà, referència pròpia.

La taula I.3 mostra els percentatges de tall.

Taula I.3. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, moviment mitjà, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	13,94%
128 Kbps	16,3%
256 Kbps	9,3%
512 Kbps	4,62%

Cas Pèrdues I a 5%

La figura I.5 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 6-10, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 5%.

Anàlogament, s'observa que els valors finals són molt propers entre ells.

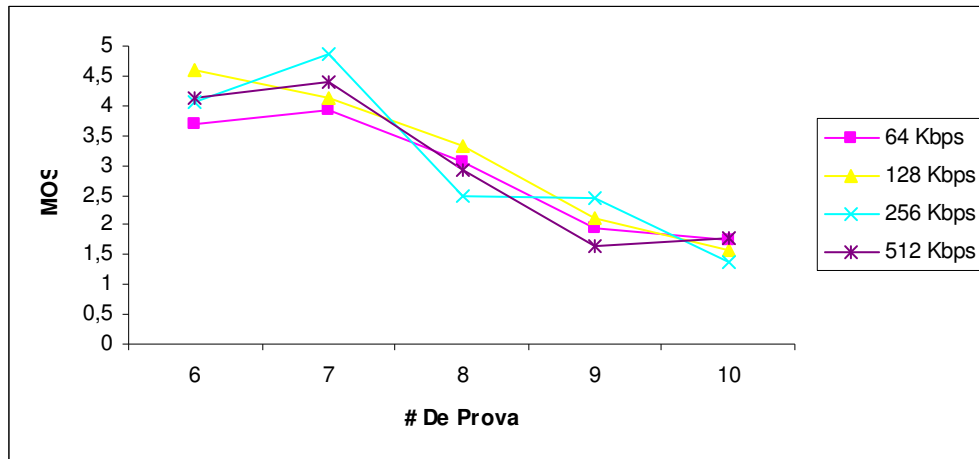


Fig. I.5 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas moviment mitjà, referència pròpia.

La taula 3.13 mostra de nou els percentatges de tall.

Taula I.4. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 6-10, moviment mitjà, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	10,62%
128 Kbps	12,63%
256 Kbps	8,94%
512 Kbps	6,35%

Cas Pèrdues I a 10%

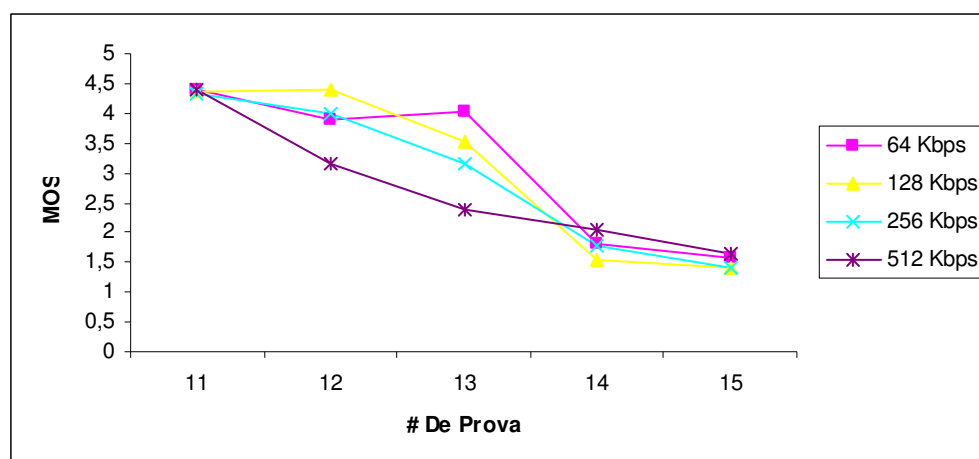


Fig. I.6 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas moviment mitjà

La taula I.5 mostra els percentatges de tall.

Taula I.5. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 6-10, moviment mitjà, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	14,66%
128 Kbps	12,61%
256 Kbps	13,64%
512 Kbps	6,04%

Cas Pèrdues I a 20%

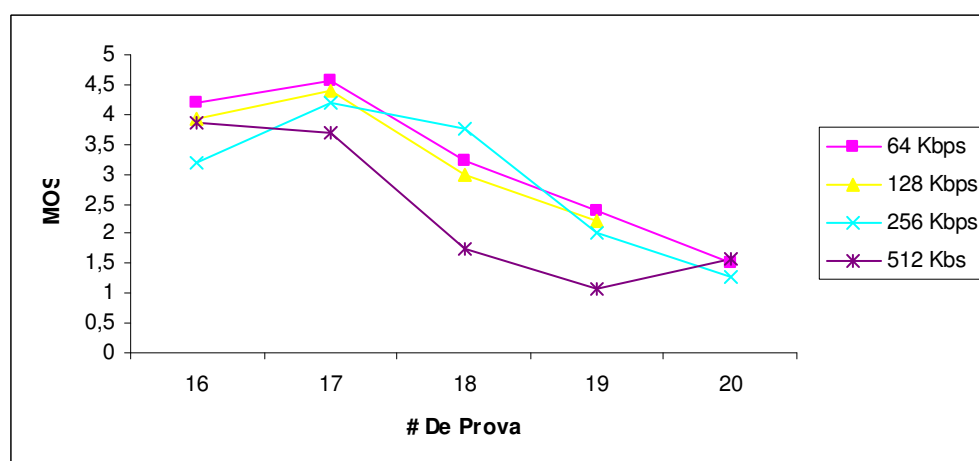


Fig. I.7 Evolució del MOS per les proves 16-20, cas moviment mitjà, referència pròpia.

Taula I.6. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 6-10, moviment mitjà.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	12,56%
128 Kbps	9,93%
256 Kbps	14,43%
512 Kbps	6,76%

1.1.2.2. Continguts amb alta quantitat de moviment

La figura I.8 mostra l'evolució del MOS en funció de les 20 proves especificades, en el cas de continguts amb alta quantitat de moviment.

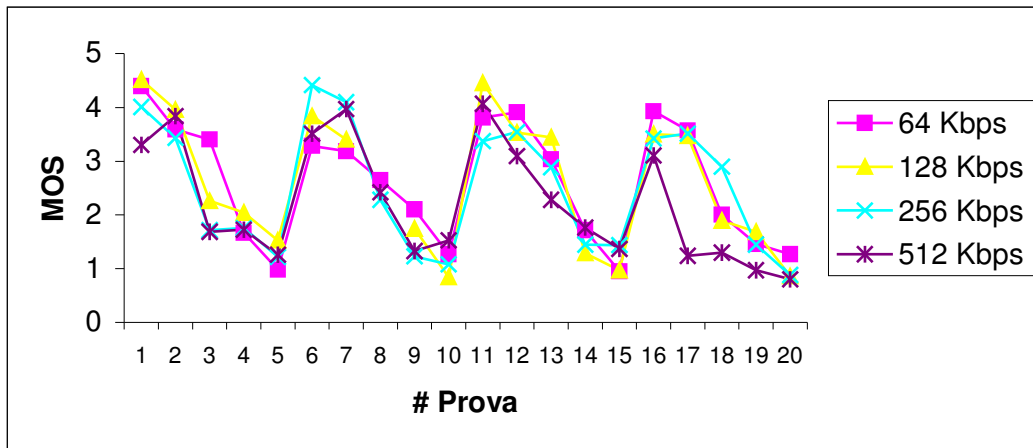


Fig. I.8 Evolució del MOS per les diferents proves, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

A continuació i de forma anàloga, es troben els 4 trams que conformen la figura I.8. S'observa que segueixen la mateixa tònica que en d'altres proves, i no existeixen grans diferències finals. Tanmateix, els vídeos de taxes menors tenen una millor resposta al canal amb pèrdues de forma global.

Cas Pèrdues I a 1%

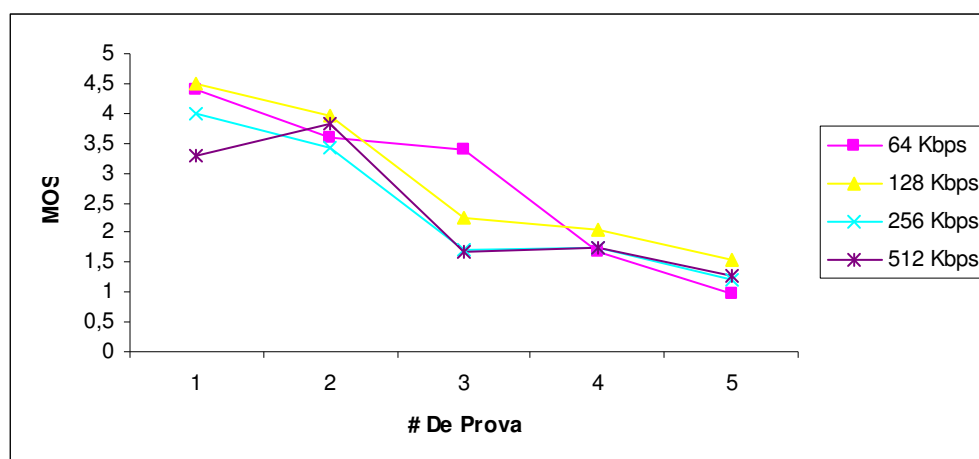


Fig. I.9 Evolució del MOS per les proves 1-5, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taula I.7. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, alta quantitat de moviment.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	12,31%
128 Kbps	7,82%
256 Kbps	6,3%
512 Kbps	6,95%

Cas Pèrdues I a 5%

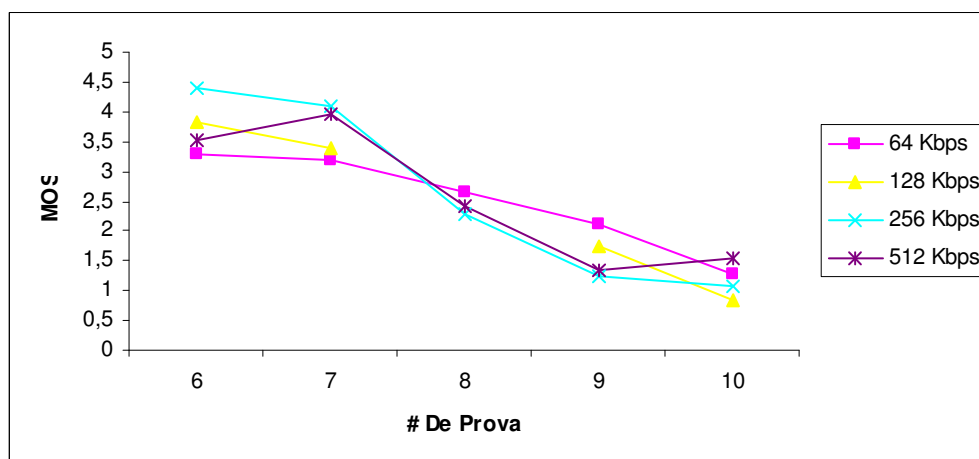


Fig. I.10 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taula I.8. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 6-10, alta quantitat de moviment.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	6,7%
128 Kbps	8,64%
256 Kbps	8,02%
512 Kbps	8,13%

Cas Pèrdues I a 10%

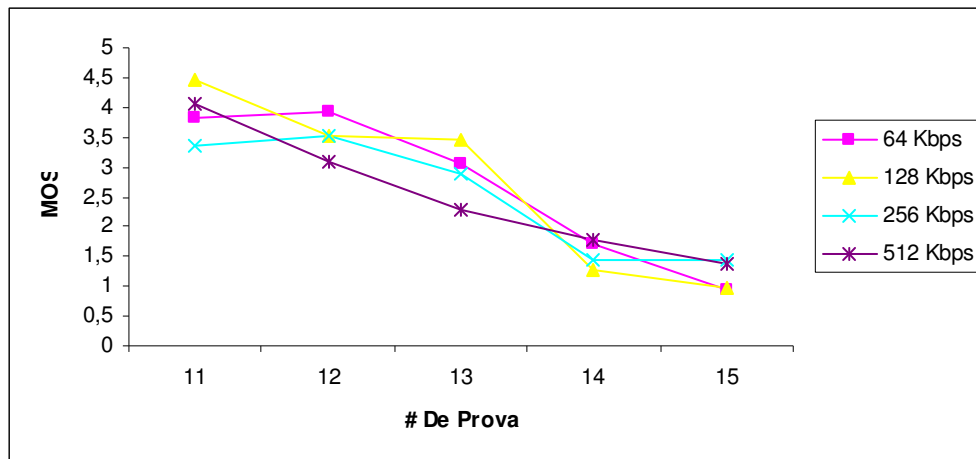


Fig. I.11 Evolució del MOS per les proves 11-15, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taula I.9. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 11-15, alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	10,3%
128 Kbps	12,04%
256 Kbps	9,15%
512 Kbps	5,61%

Cas Pèrdues I a 20%

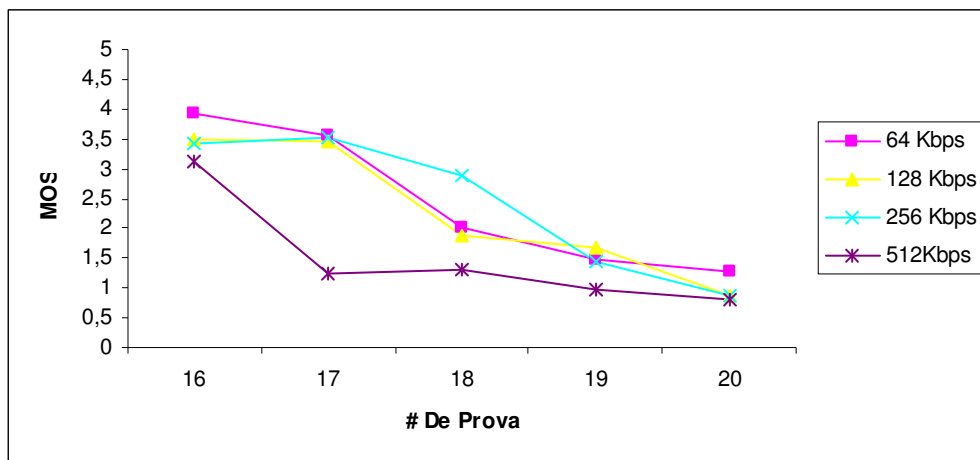


Fig. I.12 Evolució del MOS per les proves 16-20, cas alta quantitat de moviment, referència pròpia.

Taula I.10. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 16-20, alta quantitat de moviment.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	6,82%
128 Kbps	6,49%
256 Kbps	9,18%
512 Kbps	1,24%

I.2. Comparació amb referència comú

I.2.1. Pèrdua de paquets tipus I

La primera de les tipologies de proves evalua el comportament dels diferents vídeos enfront a les pèrdues de paquets tipus I, quan les pèrdues de paquets tipus P s'han fixat a 0.

Les següents figures mostren l'evolució del MOS per a cada tipus de contingut, i per a cada una de les 4 taxes, per a valors del percentatge de paquets perduts de tipus I que van del 1% al 100% (a l'eix 'x').

I.2.1.1. Continguts amb quantitat de moviment moderada

La figura I.13 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus I, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment moderada.

S'observa que els diferents vídeos aguanten les pèrdues tipus I de forma que fins a la devatlada són més resistents els demajor taxa enfront als de taxa menor. En la zona d'altres pèrdues els valors finals són molt similars.

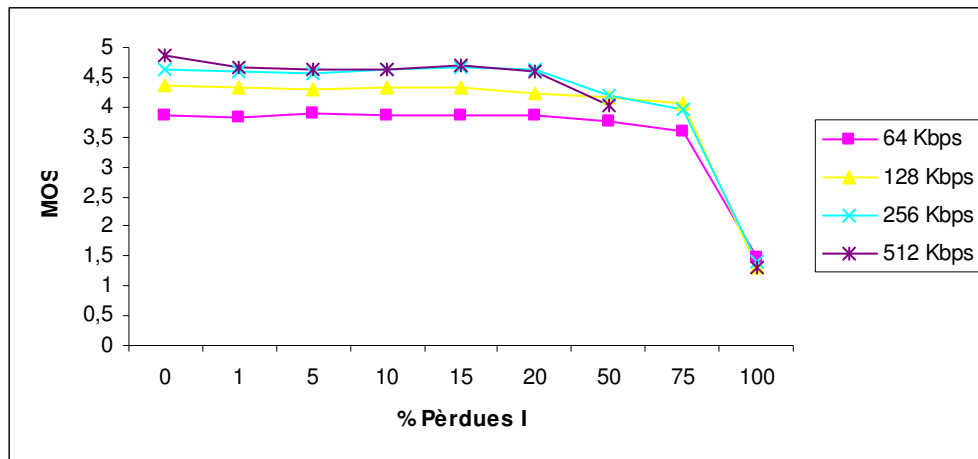


Fig. I.13 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus I, cas moviment moderat, referència comú.

La taula I.11 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3 (és a dir, suspensen la prova).

Taula I.11. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues I, moviment moderat, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues I
64 Kbps	82%
128 Kbps	84,64%
256 Kbps	84,39%
512 Kbps	84,03%

I.2.1.2. Continguts amb quantitat de moviment mitjana

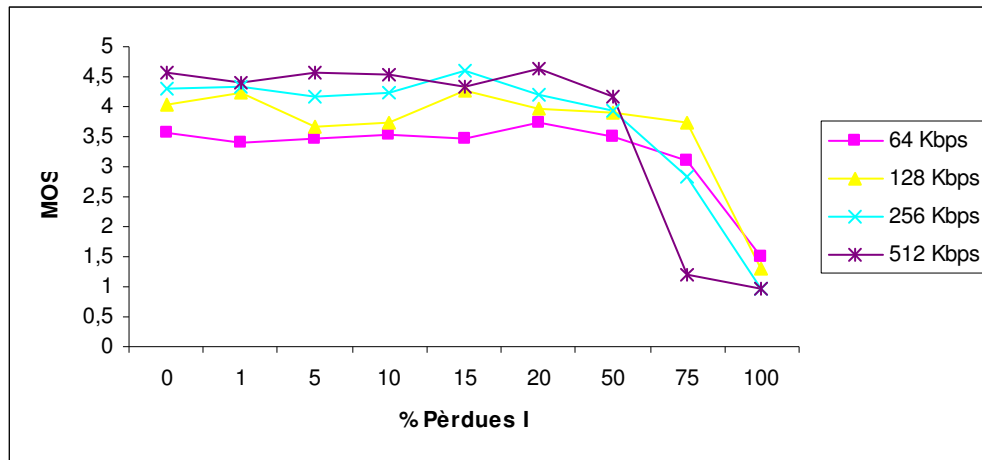


Fig. I.14 Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus I, cas moviment mitjà, referència comú.

La figura I.14 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus I, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment mitjana.

La tònica general del MOS indica que aguanten millors les pèrdues en aquest ordre:

$$512 \text{ Kbps} > 256 \text{ Kbps} > 128 \text{ Kbps} > 64 \text{ Kbps}$$

La taula I.12 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3 (és a dir, suspensen la prova).

Taula I.12. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues I, moviment mitjà, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues I
64 Kbps	76,55%
128 Kbps	82,61%
256 Kbps	71,3%
512 Kbps	59,71%

I.2.1.3. Continguts amb alta quantitat de moviment

La figura 3 mostra l'evolució del MOS de forma anàloga als casos anteriors.

Anàlogament, la tònica general és que els vídeos de majors taxes tinguin un millor MOS a mateix percentatge de pèrdues.

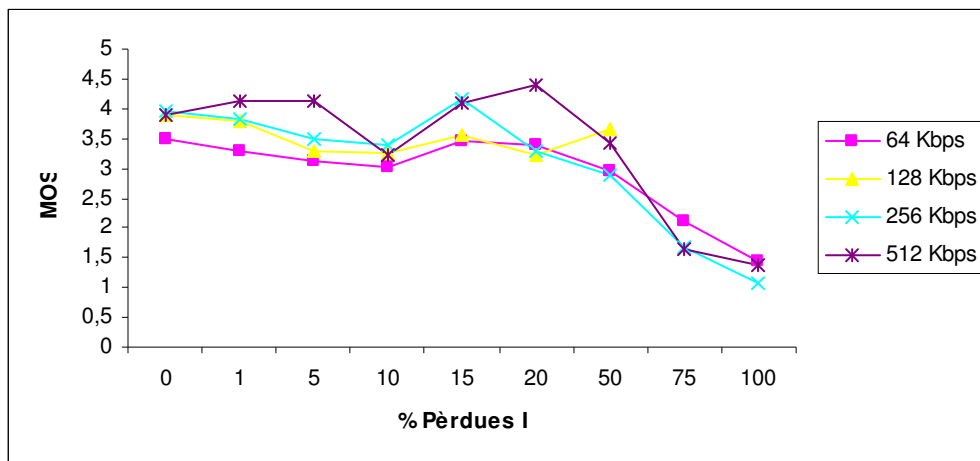


Fig. I.15. Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus I, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

La taula I.13 mostra el percentatges de forma anàloga als casos anteriors.

Taula I.13. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues I, alta quantitat de moviment, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues I
64 Kbps	45,91%
128 Kbps	-
256 Kbps	41,22%
512 Kbps	55,93%

I.2.1.4. Observacions

De l'observació de les anteriors proves podem resaltar que les pèrdues de paquets de tipus I afecten més negativament als vídeos amb alta quantitat de moviment que als vídeos amb quantitat de moviment mitjana, els quals a la seva vegada són afectats més negativament que els de moviment moderat.

En quant a les taxes de codificació, es té una pitjor comportament global enfront a pèrdues I a major taxa de vídeo. Ordenats de millor a pitjor comportament:

$$512\text{Kbps} > 256\text{ Kbps} > 128\text{Kbps} > 64\text{ Kbps}$$

I.2.2. Pèrdues de paquets tipus P

La segona de les tipologies de proves evalua el comportament dels diferents vídeos enfront a les pèrdues de paquets tipus P, quan les pèrdues de paquets tipus I s'han fixat a 0.

Les següents figures mostren l'evolució del MOS per a cada tipus de contingut, i per a cada una de les 4 taxes, per a valors del percentatge de paquets perduts de tipus I que van del 1% al 50% (a l'eix 'x').

1.2.2.1. Continguts amb quantitat de moviment moderada

La figura I.16 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus P, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment moderada.

La tònica general de les corbes mostren que en general aguanten les pèrdues els vídeos amb codificacions majors (256,512) que els de codificacions menors (64,128).

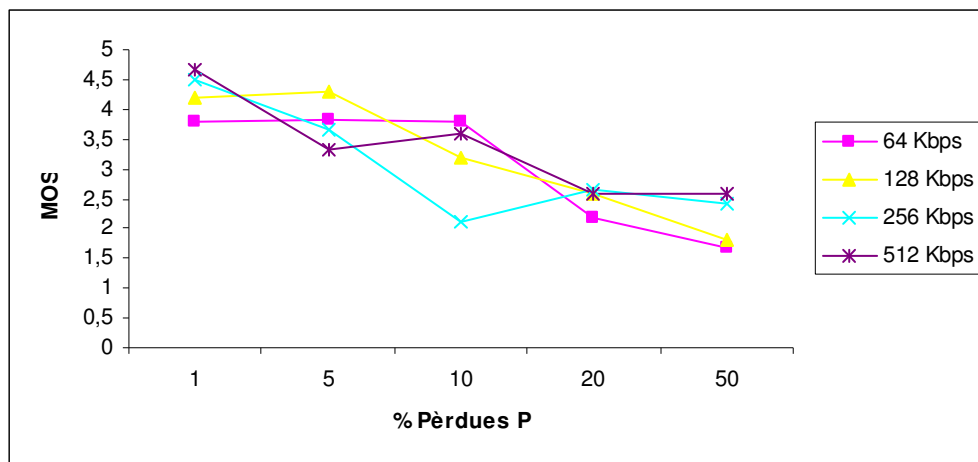


Fig. I.16. Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus P, cas moviment moderat, referència comú.

La taula I.14 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3 (és a dir, suspensen la prova).

Taula I.14. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues P, moviment moderat, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	14,88%
128 Kbps	13,22%
256 Kbps	7,17%
512 Kbps	16%

I.2.2.2. Continguts amb quantitat de moviment mitjana

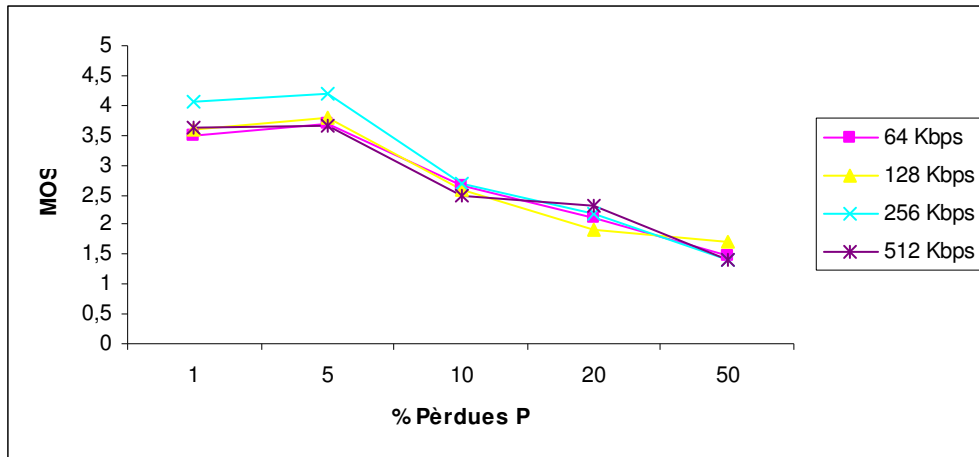


Fig. I.17. Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus P, cas moviment mitjà, referència comú.

La figura I.17 mostra l'evolució del MOS amb l'augment del percentatge de pèrdues de paquets tipus I, en el cas de vídeos amb quantitat de moviment mitjana.

S'observa que la tònica del MOS és molt similar per a les quatre taxes, amb molt poques diferències finals, tot i que lleugerament:

$$512 \text{ Kbps} \sim 256 \text{ Kbps} > 128 \text{ Kbps} \sim 64 \text{ Kbps}$$

La taula I.15 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3.

Taula I.15. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues P, moviment mitjà.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	8,32%
128 Kbps	8,33%
256 Kbps	8,91%
512 Kbps	7,8%

1.2.2.3. Continguts amb alta quantitat de moviment

La figura I.18 mostra l'evolució del MOS de forma anàloga als casos anteriors.

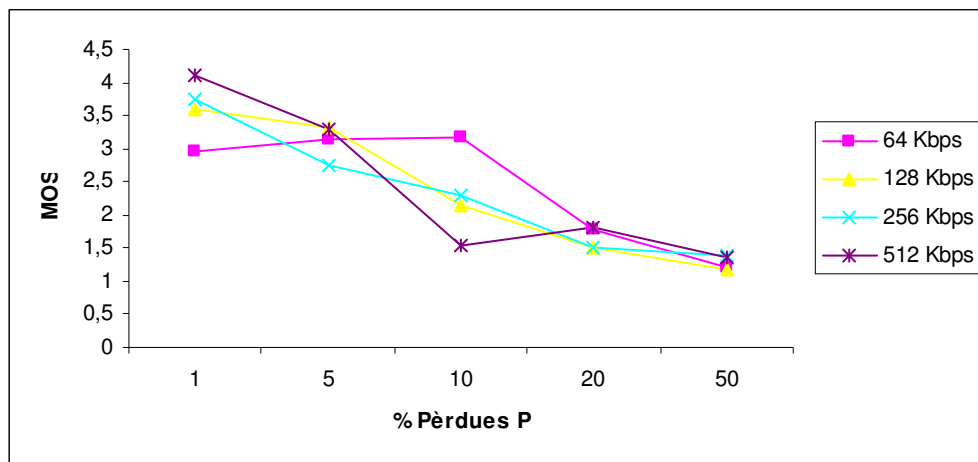


Fig. I.18. Evolució del MOS amb l'augment de les pèrdues tipus P, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

Inicialment la tònica que s'observa és:

$$512\text{Kbps} > 256\text{ Kbps} > 128\text{ Kbps} > 64\text{ Kbps}$$

En el tram final no existeixen grans diferències.

La taula I.16 mostra el percentatges de forma anàloga als casos anteriors.

Taula I.16. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues P, alta quantitat de moviment, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	11,28%
128 Kbps	6,39%
256 Kbps	3,96%
512 Kbps	5,85%

1.2.2.4. Observacions

De l'observació de les anteriors proves podem destacar que les pèrdues de tipus P afecten de forma similar als diferents continguts de vídeo, els quals tenen valors finals de MOS similars per a les diferents taxes, tot i que les tòniques en quant a taxes mostren una major robustesa enfront de les pèrdues per als vídeos de taxes majors respecte als vídeos de taxes menors.

I.2.3. Pèrdues combinades

Les següents figures mostren l'evolució del MOS per a cada tipus de contingut, i per a cada una de les 4 taxes, en funció del número de prova (a l'eix 'x').

I.2.3.1. Continguts amb quantitat de moviment moderada

La figura I.19 mostra l'evolució del MOS en funció de les 20 proves.

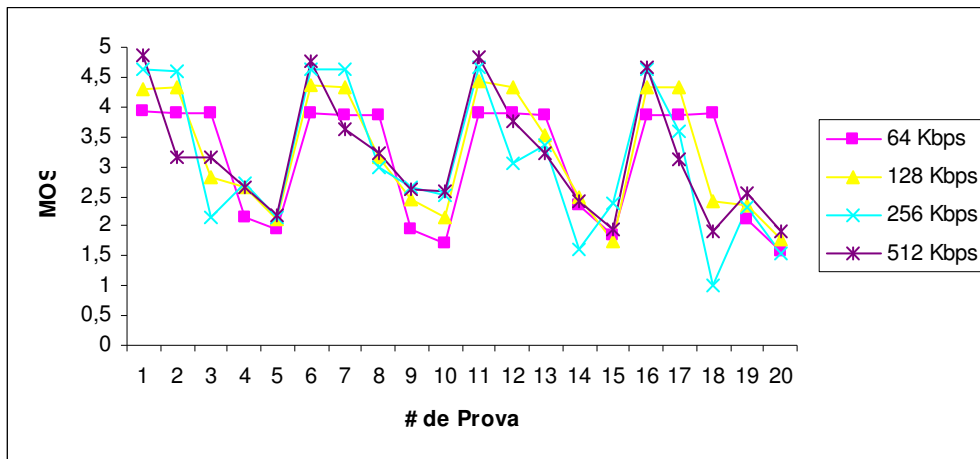


Fig. I.19 Evolució del MOS per les diferents proves, cas moviment moderat, referència comú.

Per tal d'apreciar millor els resultats, s'ha dividit la figura en 4 regions, en las que el percentatge de pèrdues l es troba fixat (a 1,5,10 i 20% respectivament).

Cas Pèrdues l a 1%

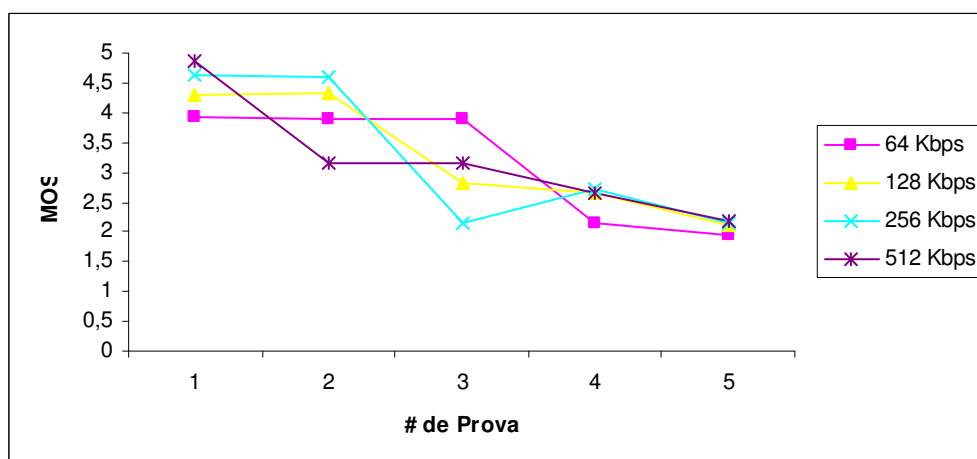


Fig. I.20 Evolució del MOS per les proves 1-5, cas moviment moderat, referència comú.

La figura I.20 mostra l'evolució del MOS en funció de les 5 primeres proves, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 1%. En general s'observa que en un inici els vídeos de taxes majors parteixen de millors valors de MOS per a un mateix percentatge de pèrdues, però que els valors finals convergeixen a punts similars.

La taula I.17 mostra el percentatge a partir del qual, els vídeos de les diferents taxes passen a tenir un MOS inferior a 3.

Taula I.17. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, moviment moderat, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	15,14%
128 Kbps	9,37%
256 Kbps	8,28%
512 Kbps	13,2%

Cas Pèrdues I a 5%

La figura I.21 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 6-10, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 5%.

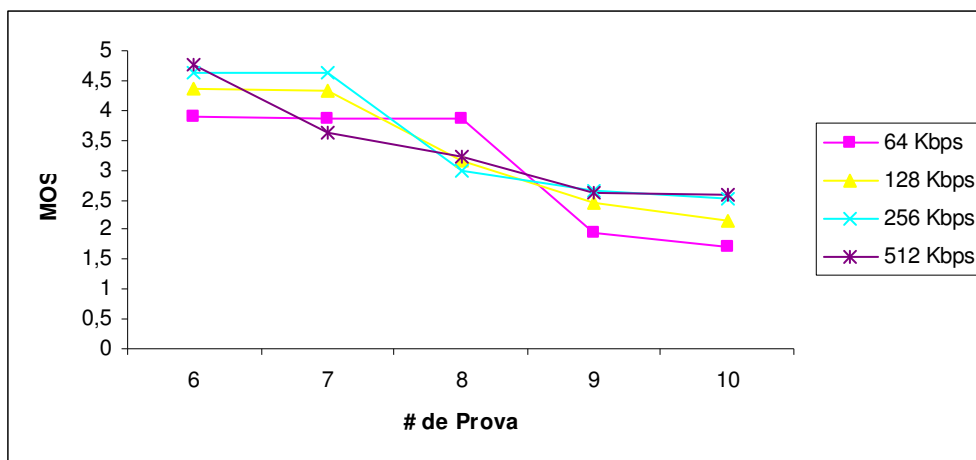


Fig. I.21 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas moviment moderat, referència comú.

En general aguanten millors les pèrdues en aquest ordre:

$$512 \text{ Kbps} > 256 \text{ Kbps} > 128 \text{ Kbps} > 64 \text{ Kbps}$$

La taula I.18 mostra els percentatges de tall de forma anàloga als casos anteriors.

Taula I.18. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, moviment moderat, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	14,46%
128 Kbps	12,11%
256 Kbps	9,94%
512 Kbps	13,83%

Cas Pèrdues I a 10%

La figura I.22 mostra de nou l'evolució del MOS en funció de les proves 11-15, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 10%.

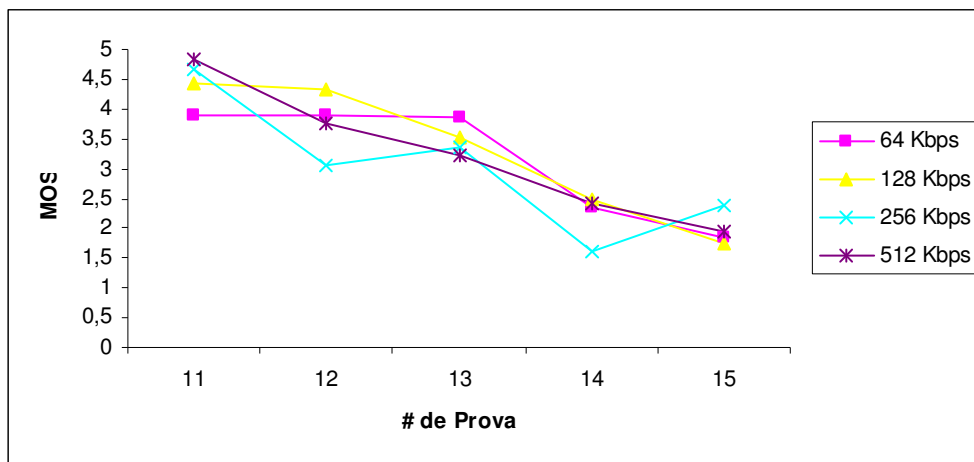


Fig. I.22 Evolució del MOS per les proves 11-15, cas moviment moderat, referència comú.

La tònica general de les corbes mostra que els valors finals són molt similars, tot i que existeix en general una propensió de les taxes majors a aguantar millor les pèrdues en un inici.

La taula I.19 mostra els percentatges de tall de forma anàloga.

Taula I.19. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 11-15, moviment moderat, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	15,63%
128 Kbps	15%
256 Kbps	12,07%
512 Kbps	12,84%

Cas Pèrdues I a 20%

La figura I.23 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 16-20, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 20%.

S'observa que els valors finals són molt propers entre ells.

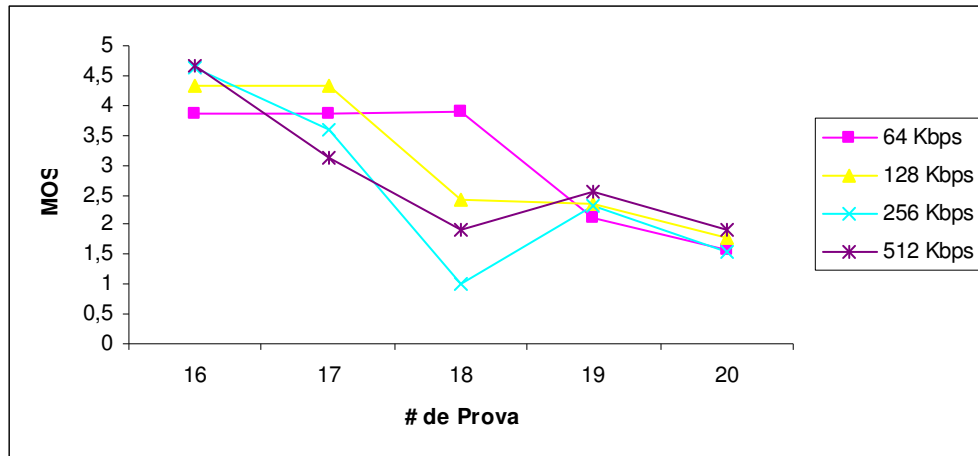


Fig. I.23 Evolució del MOS per les proves 16-20, cas moviment moderat, referència comú.

La taula I.20 mostra els percentatges de tall.

Taula I.20. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 16-20, moviment moderat, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	14,97%
128 Kbps	8,46%
256 Kbps	6,13%
512 Kbps	9%

I.2.3.2. Continguts amb quantitat de moviment mitjana

La figura I.24 mostra l'evolució del MOS.

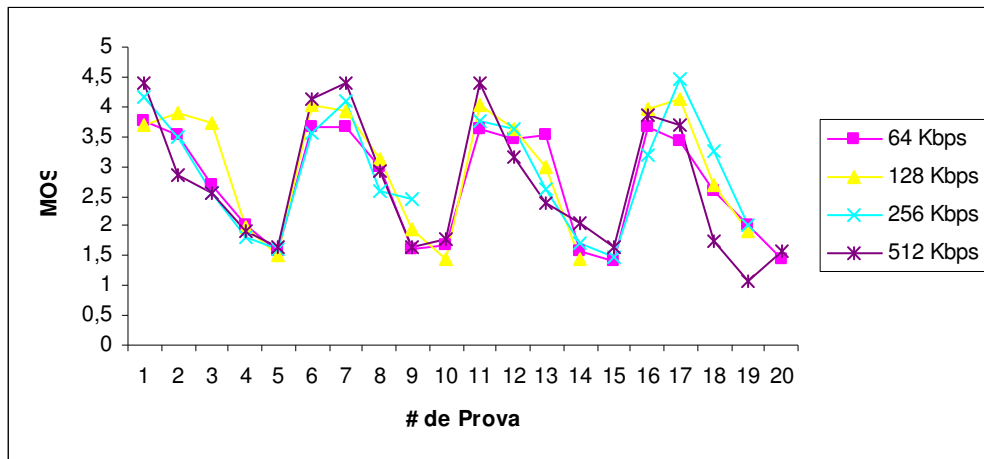


Fig. I.24 Evolució del MOS per les diferents proves, cas moviment moderat, referència comú.

De nou, s'ha dividit la figura en 4 regions, en las que el percentatge de pèrdues l es troba fixat (a 1,5,10 i 20% respectivament).

Cas Pèrdues l a 1%

La figura I.25 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 1-5, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus l es del 1%.

S'observa que els valors finals són molt propers entre ells, tot i que en un inici les taxes majors resistien millor a les pèrdues que les taxes menors.

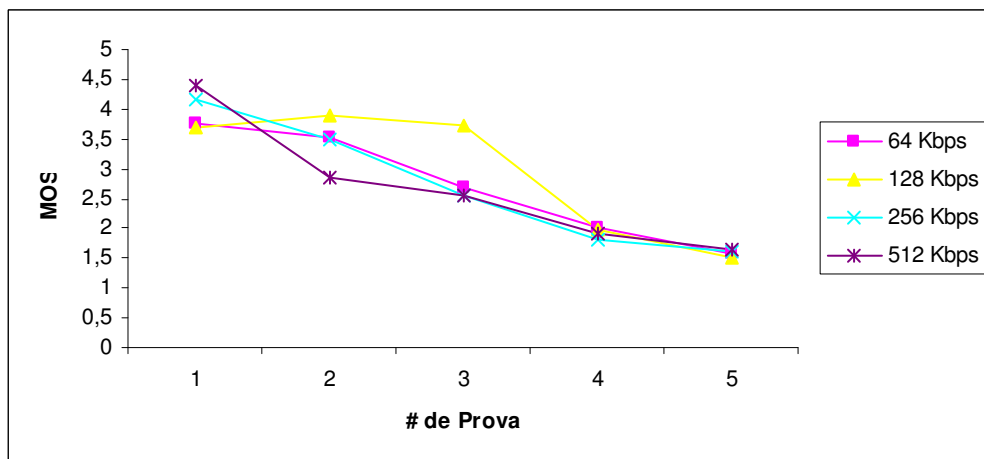


Fig. I.25 Evolució del MOS per les proves 1-5, cas moviment mitjà, referència comú.

La taula I.21 mostra els percentatges de tall.

Taula I.21. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, moviment mitjà, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	8,08%
128 Kbps	14,14%
256 Kbps	7,6%
512 Kbps	4,62%

Cas Pèrdues I a 5%

La figura I.26 mostra l'evolució del MOS en funció de les proves 6-10, en les que el valor del percentatge de pèrdues de paquets tipus I es del 5%.

Anàlogament, s'observa que els valors finals són molt propers entre ells, mentre que en un inici predominaven les taxes altes.

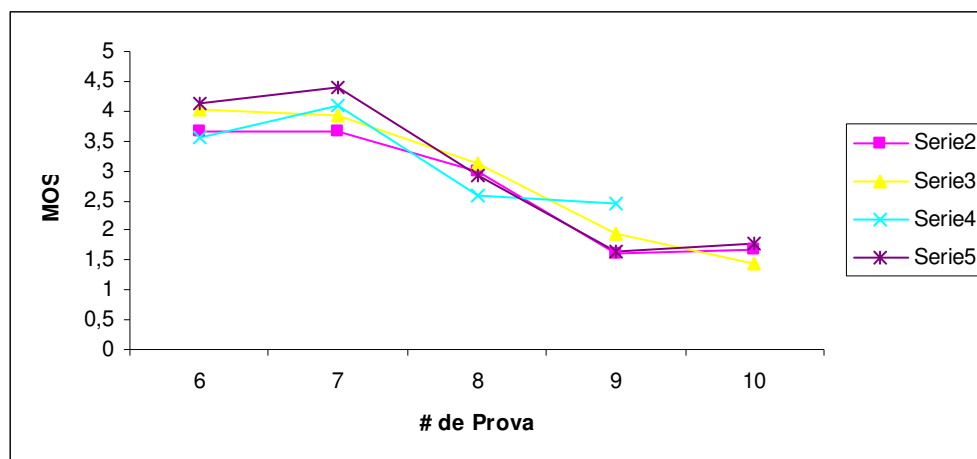


Fig. I.26 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas moviment mitjà, referència comú.

La taula I.22 mostra de nou els percentatges de tall.

Taula I.22 Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 6-10, moviment mitjà, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	9,86%
128 Kbps	11,11%
256 Kbps	8,6%
512 Kbps	9,73%

Cas Pèrdues I a 10%

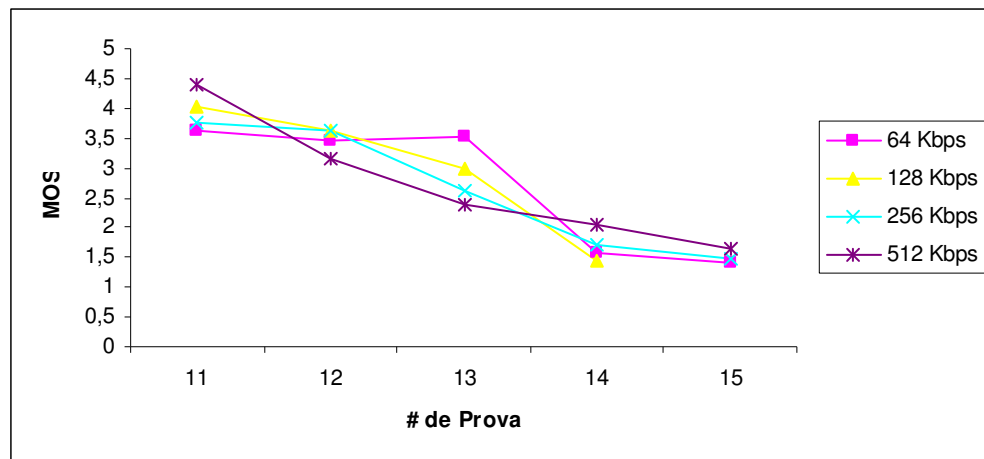


Fig. I.27 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas moviment mitjà, referència comú.

Taula I.23. Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 11-15, moviment mitjà, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	12,66%
128 Kbps	10%
256 Kbps	8,1%
512 Kbps	6,039%

Cas Pèrdues I a 20%

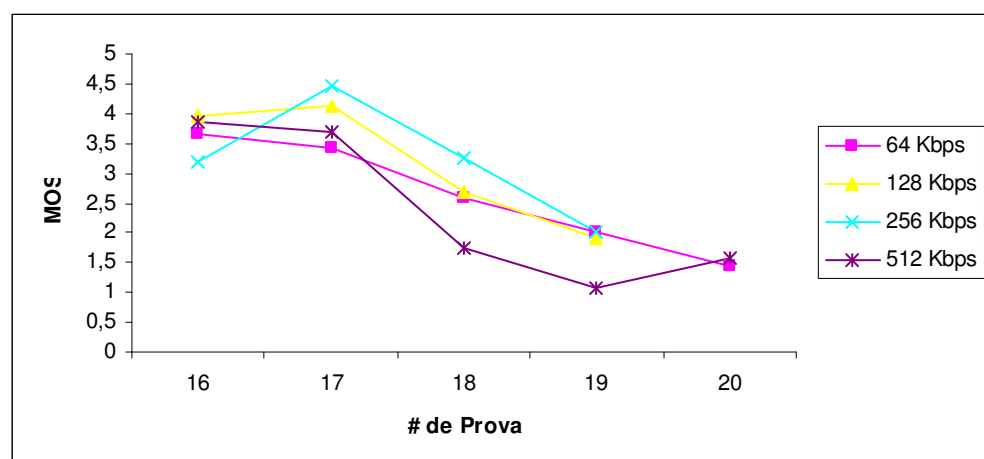


Fig. I.28 Evolució del MOS per les proves 16-20, cas moviment mitjà, referència comú.

Taula I.24 Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 16-20, moviment mitjà, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	7,6%
128 Kbps	8,95%
256 Kbps	12,06%
512 Kbps	6,76%

1.2.3.3. Continguts amb alta quantitat de moviment

La figura I.29 mostra l'evolució del MOS en funció de les 20 proves especificades, en el cas de continguts amb alta quantitat de moviment.

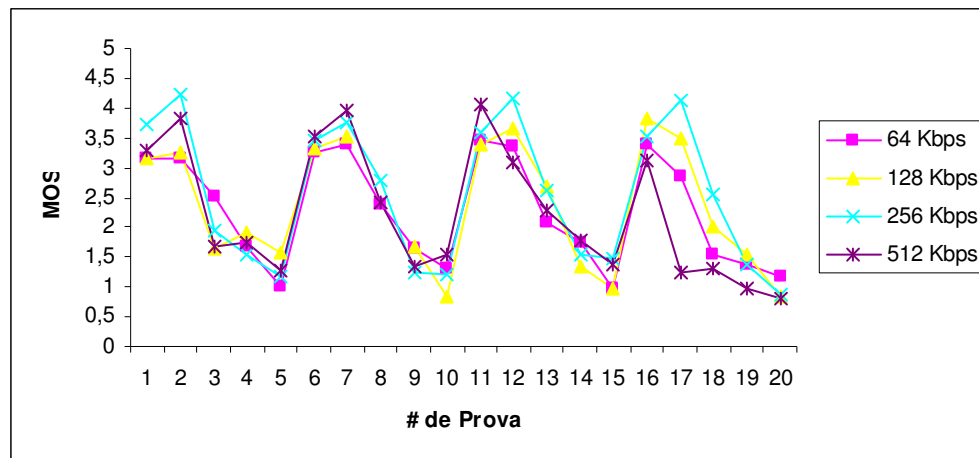


Fig. I.29 Evolució del MOS per les diferents proves, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

A continuació i de forma anàloga, es troben els 4 trams que conformen la figura 17. S'observa que segueixen la mateixa tònica que en d'altres proves, i no existeixen grans diferències finals. Tanmateix, els vídeos de taxes majors tenen una millor resposta al canal amb pèrdues de forma global.

Cas Pèrdues / a 1%

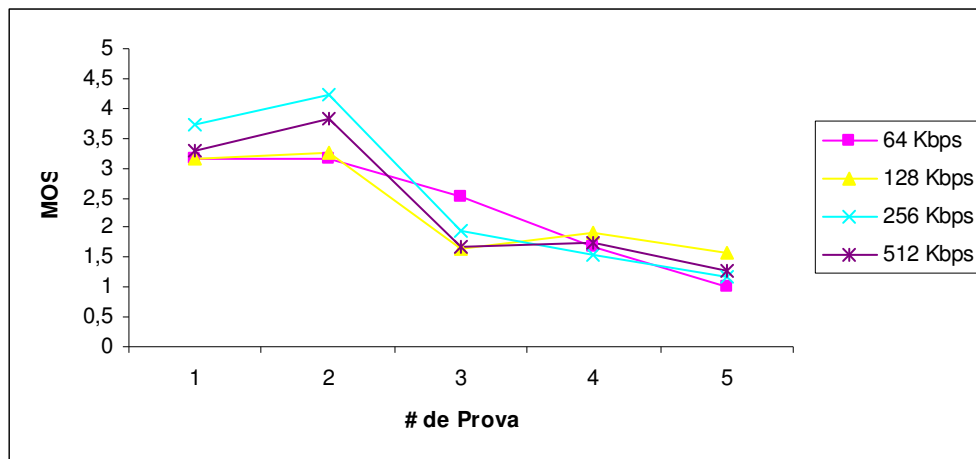


Fig. I.30 Evolució del MOS per les proves 1-5, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

Taula I.25 Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 1-5, alta quantitat de moviment, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	6,25%
128 Kbps	5,8%
256 Kbps	7,66%
512 Kbps	6,95%

Cas Pèrdues / a 5%

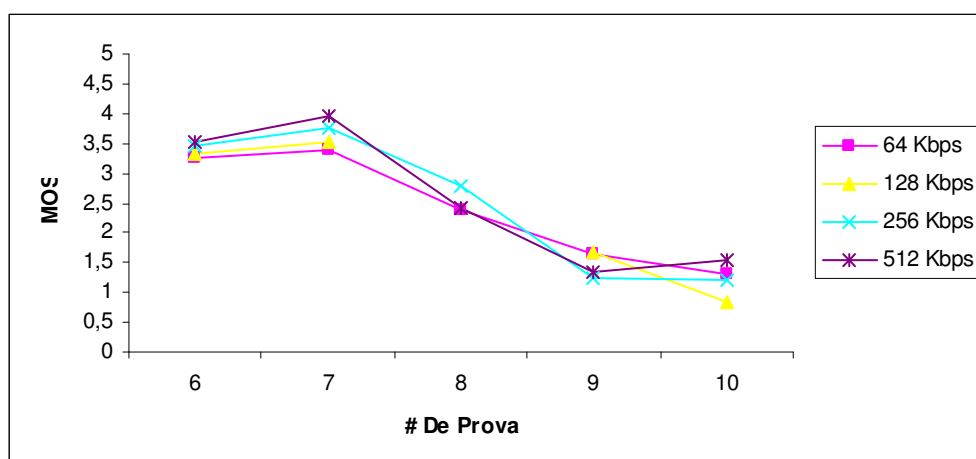


Fig. I.31 Evolució del MOS per les proves 6-10, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

Taula I.26 Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 6-10, alta quantitat de moviment, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	6,95%
128 Kbps	9,33%
256 Kbps	8,96%
512 Kbps	8,13%

Cas Pèrdues I a 10%

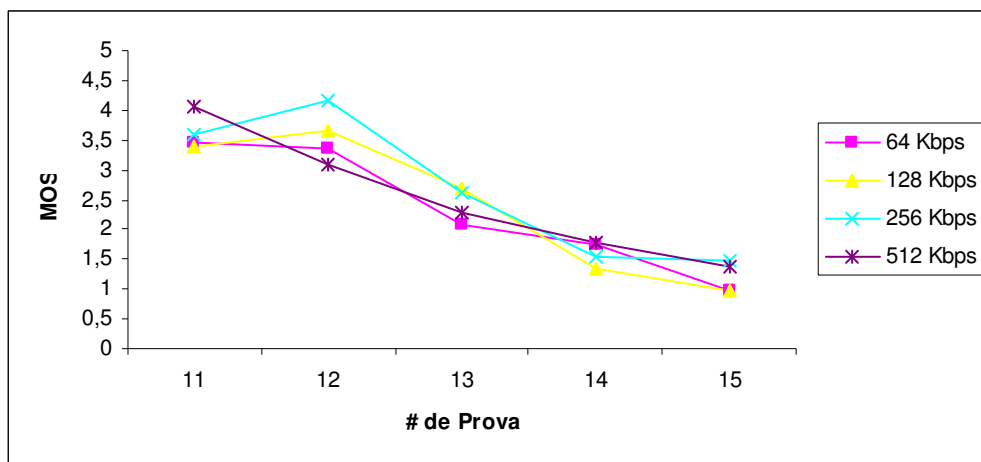


Fig. I.32 Evolució del MOS per les proves 11-15, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

Taula I.27 Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 11-15, alta quantitat de moviment, referència comú.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	6,35%
128 Kbps	8,35%
256 Kbps	8,78%
512 Kbps	5,61%

Cas Pèrdues I a 20%

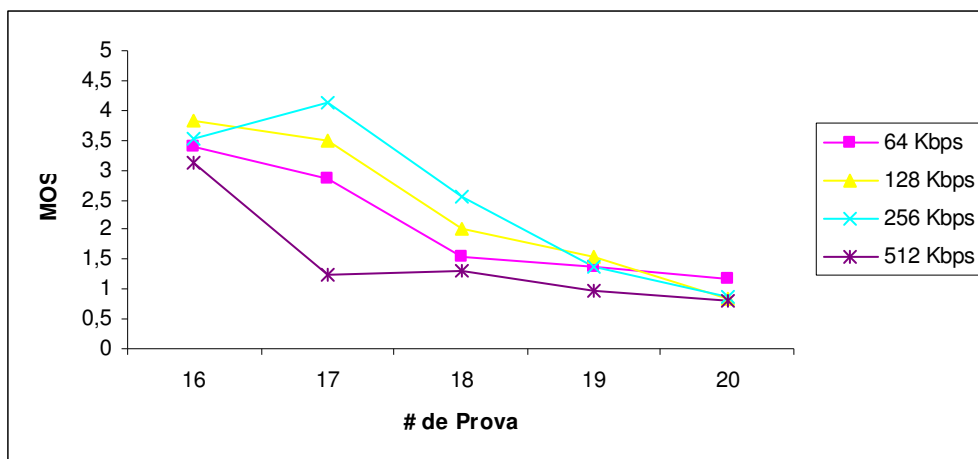


Fig. I.33 Evolució del MOS per les proves 16-20, cas alta quantitat de moviment, referència comú.

Taula I.28 Percentatges a partir dels quals es passa a tenir un MOS inferior a 3, cas pèrdues combinades, proves 16-20, alta quantitat de moviment.

Taxa	Percentatge de pèrdues P
64 Kbps	3,86%
128 Kbps	6,66%
256 Kbps	8,59%
512 Kbps	1,24%

1.2.3.4. Observacions

Dels resultats anteriors es desprenen diverses dades. En primer lloc es pot observar que les pèrdues globals afecten més als continguts amb un alta quantitat de moviment que als de mitjana quantitat de moviment, i aquests a la seva vegada es comporten millor que els de moviment moderat.

La tònica general de les figures mostra que, sigui quin sigui el contingut, davant de les pèrdues es comporten millor els vídeos de taxes majors (256, 512) que els de taxes menors (64, 128). A més a més, un cop el MOS es troba per sota del llindar (3), el comportament de les corbes sol ser molt similar.

En quant a l'efecte de les pèrdues combinades, en general pels mateixos descensos en el % de pèrdues P, a major % de pèrdues I, mateix comportament, pitjor mínim i pitjors valors finals.

S'han realitzat les següents taules comparatives amb la finalitat de observar aquest comportament de forma més clara.

La taula I.29 mostra els mínims absoluts de MOS que s'han trobat, per als diferents percentatges de pèrdues I

Taula I.29. Comparativa de mínims absoluts, referència comú.

Tipus de Contingut	% I = 1%	%I = 5%	%I = 10%	%I = 20%
Dibuixos	1,51	1,44	1,41	1,08
Quantitat de moviment alta	1	0,84	0,96	0,8
Quantitat de moviment moderada	1,95	1,72	1,75	1,53

S'observa que la tònica dels mínims absoluts és anar descendant a mesura que el % de pèrdues I augmenta.

D'altra banda la taula I.30 recull els diferents llindars percentuals de pèrdues P que cal sobrepassar per a suspendre el test, per als diferents percentatges de pèrdues I.

Taula I.30 Comparativa de llindars, referència comú.

Tipus de Contingut	% I = 1%	%I = 5%	%I = 10%	%I = 20%
Dibuixos	64 → 8,08% 128 → 14,14% 256 → 7,6% 512 → 4,62%	64 → 9,86% 128 → 11,11% 256 → 8,6% 512 → 9,73%	64 → 12,66% 128 → 10% 256 → 8,1% 512 → 6,039%	64 → 7,6% 128 → 8,95% 256 → 12,06% 512 → 6,76%
Quantitat de moviment alta	64 → 6,25% 128 → 5,8% 256 → 7,66% 512 → 6,95%	64 → 6,95% 128 → 9,33% 256 → 8,96% 512 → 8,13%	64 → 6,35% 128 → 8,35% 256 → 8,78% 512 → 5,61%	64 → 3,86% 128 → 6,66% 256 → 8,59% 512 → 1,25%
Quantitat de moviment moderada	64 → 15,14% 128 → 9,37% 256 → 8,28% 512 → 13,2%	64 → 14,46% 128 → 12,11% 256 → 9,94% 512 → 13,83%	64 → 15,63% 128 → 15% 256 → 12,07% 512 → 12,84%	64 → 14,97% 128 → 8,46% 256 → 6,13% 512 → 9%

Les observacions respecte a aquests resultats són totalment anàlogues al cas de comparació amb referència pròpia, exposades al capítol 3 d'aquest projecte.

I.2.4. Anàlisi d'influència dels paquets I i P en el cas de comparació amb referència comú

Taula I.31 Valors absoluts i relatius de les pèrdues I i P, per a contingut de moviment moderat, referència comú

Tassa de vídeo	Llindar Pèrdues I	Paquets I Sobre total	Llindar Pèrdues P	Paquets P Sobre total
64 Kbps	45,91%	1,67%	11,28%	10,87%
128 Kbps			6,39%	6,16%
256 Kbps	41,22%	1,5%	3,96%	3,82%
512 Kbps	55,93%	2,04%	5,85%	5,64%

Observem doncs que per aconseguir un MOS major o igual a 3 (qualitat acceptable) podem perdre fins a un 2,04% de paquets en el millor dels casos, si aquests són I, i fins a un 10,87% de paquets en el millor dels casos, si aquests són P. Per tant, la pèrdua de més paquets I es directament provoca una major augment en la disminució de la qualitat d'un vídeo que la pèrdua de paquets P.

Taula I.32. Valors absoluts i relatius de les pèrdues I i P, per a contingut de moviment mig, referència comú

Tassa de vídeo	Llindar Pèrdues I	Paquets I Sobre total	Llindar Pèrdues P	Paquets P Sobre total
64 Kbps	76,55%	3,46%	8,32%	7,94%
128 Kbps	82,61%	3,74%	8,33%	7,95%
256 Kbps	71,3%	3,22%	8,91%	8,51%
512 Kbps	59,71%	2,7%	7,8%	7,45%

En el cas de moviment mig, per aconseguir un MOS major o igual a 3 (qualitat acceptable) podem perdre fins a un 3,74% de paquets en el millor dels casos, si aquests són I, i fins a un 8,51% de paquets en el millor dels casos, si aquests són P. Per tant, la pèrdua de més paquets I provoca directament un augment en la disminució de la qualitat d'un vídeo que la pèrdua de paquets P.

Taula I.33. Valors absoluts i relatius de les pèrdues I i P, per a contingut d'alta quantitat de moviment, referència comú.

Tassa de vídeo	Llindar Pèrdues I	Paquets I Sobre total	Llindar Pèrdues P	Paquets P Sobre total
64 Kbps	82%	5,37%	14,88%	13,9%
128 Kbps	84,64%	5,54%	13,22%	12,35%
256 Kbps	84,39%	5,53%	7,17%	6,7%
512 Kbps	84,03%	5,5%	16%	14,95

Anàlogament als casos anteriors, per aconseguir un MOS major o igual a 3 (qualitat acceptable) podem perdre fins a un 5,54% de paquets en el millor dels casos, si aquests són I, i fins a un 14,95% de paquets en el millor dels casos, si aquests són P. La conclusió és la mateixa que en la resta de casos.



**Escola Politècnica Superior
de Castelldefels**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

ANNEX II

TÍTOL: Optimització de serveis portadors UMTS per transport de streaming

TITULACIÓ: Enginyeria de Telecomunicació (segon cicle)

AUTOR: Josep Lluís Artigas Rodríguez

DIRECTOR: Ramon Ferrús i Ferrer

DATA: 24 de febrer de 2006

ANNEX II

II.1. Estudi de la dependència dels paràmetres en la diferenciació de canals.

II.1.1. Cas de continguts de moviment mig

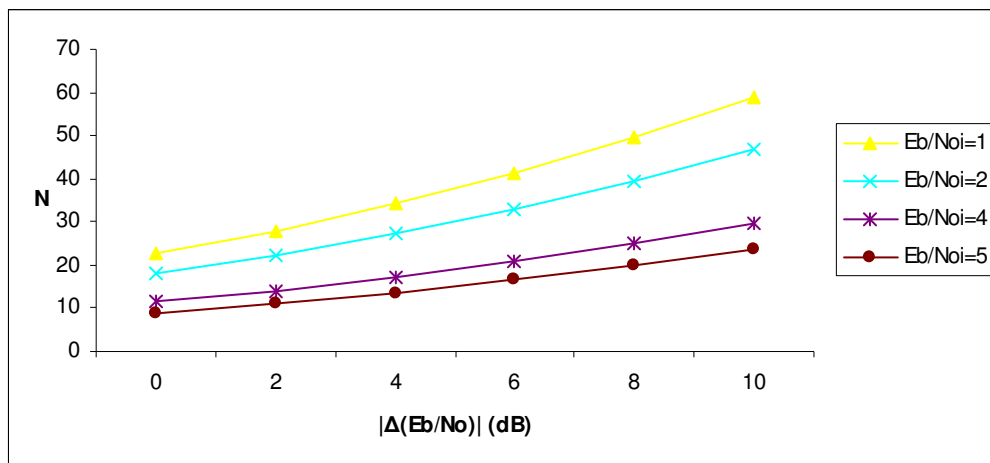


Fig. II.1 $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 64 Kbps, moviment mig

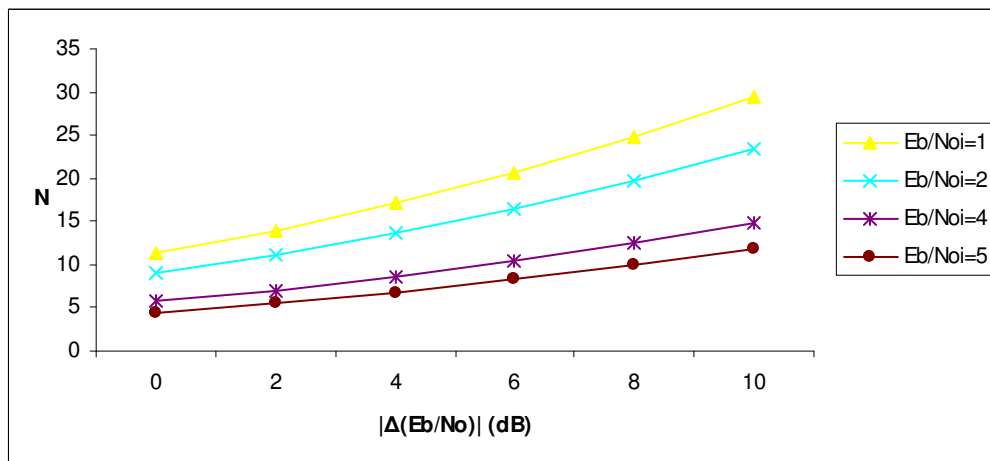


Fig. II.2 $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 128 Kbps, moviment mig

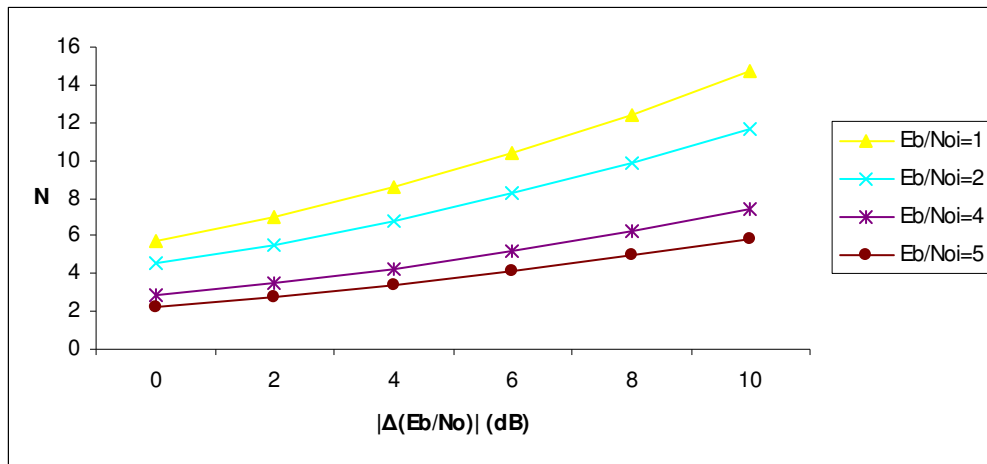


Fig. II.3 $N = f[|\Delta(E_b/N_0)|]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 256 Kbps, moviment mig

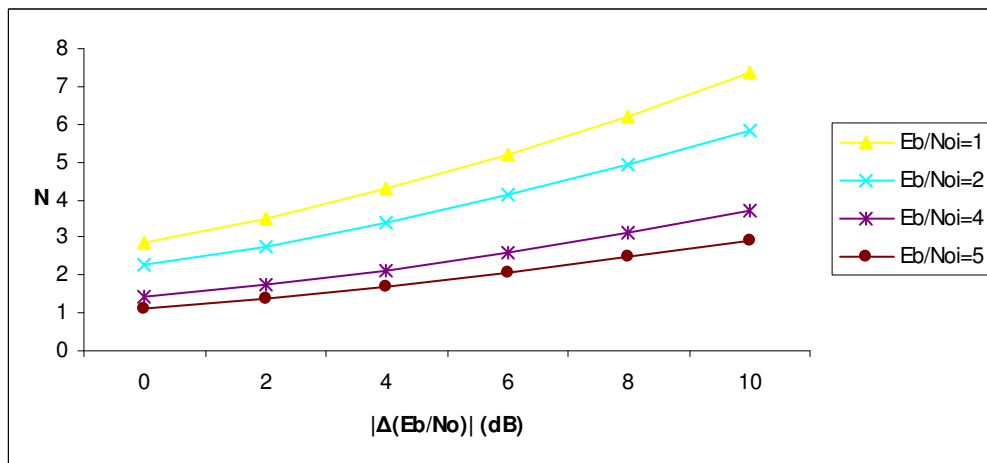


Fig. II.4 $N = f[|\Delta(E_b/N_0)|]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 512 Kbps, moviment mig

II.1.2. Cas de continguts d'alta quantitat de moviment

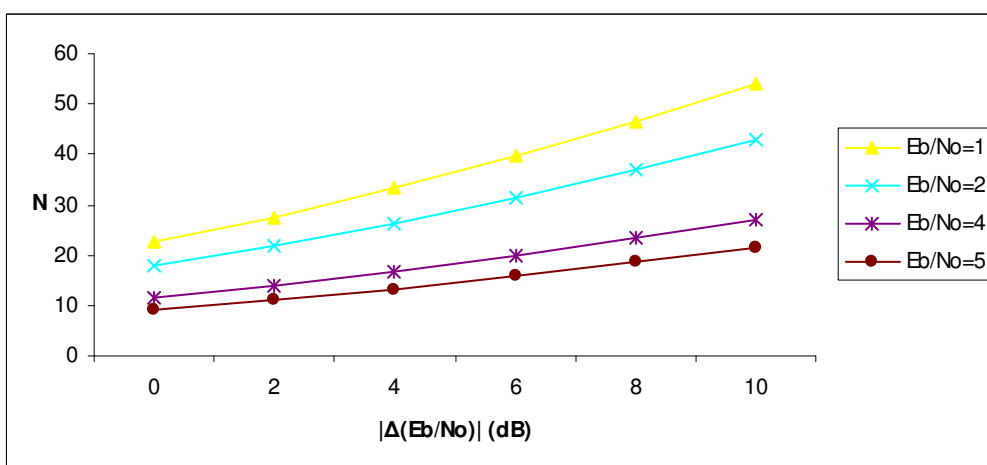


Fig. II.5 $N = f[|\Delta(E_b/N_0)|]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 64 Kbps, alta quant. moviment

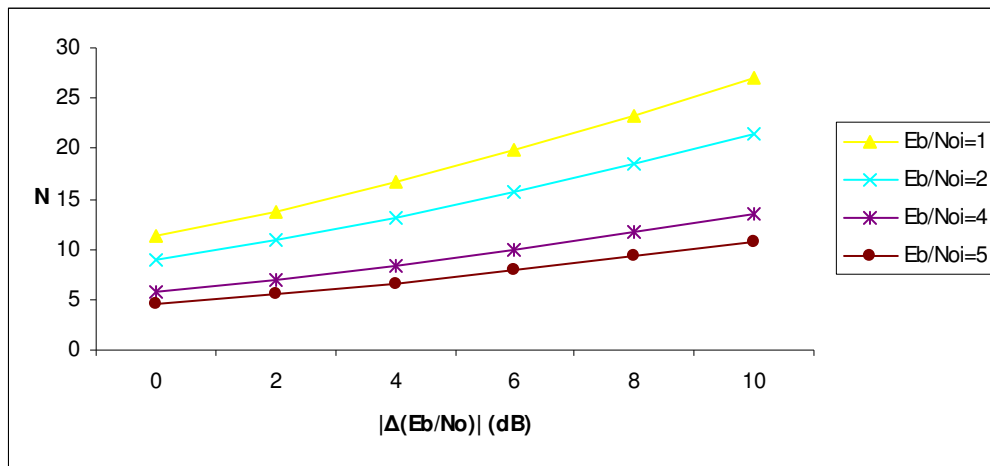


Fig. II.6 $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 128 Kbps, alta quan. moviment

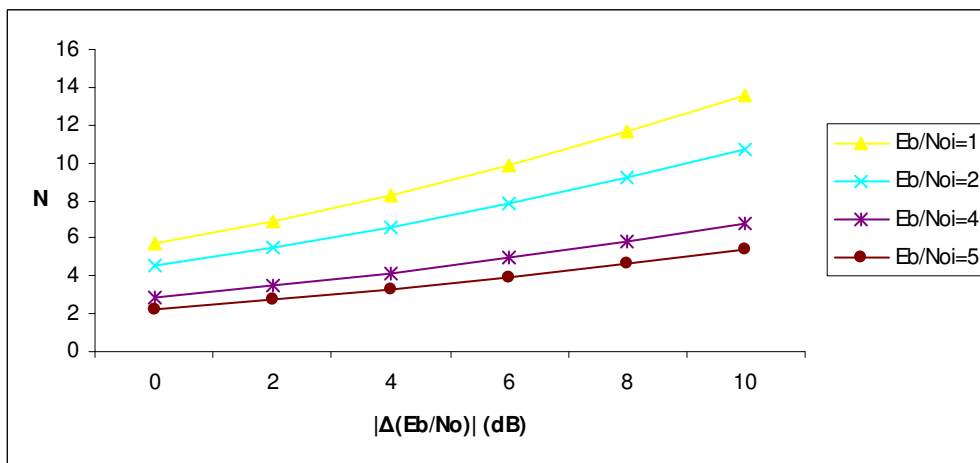


Fig. II.7 $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 256 Kbps, alta quan. moviment

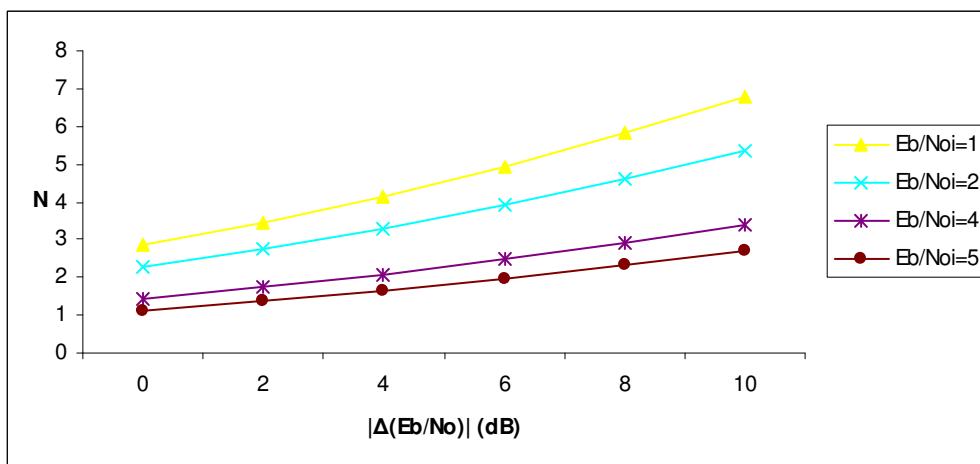


Fig. II.8 $N = f[\Delta(E_b/N_0)]$, $(E_b/N_0)_i$ fixat, taxa font 512 Kbps, alta quan. moviment

